

SÉRIE A, n° 761.
N° D'ORDRE : 787.

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Roger DARCHEN

Première thèse. — LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION CHEZ
« APIS MELLIFICA ».

Deuxième thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 30 Avril 1957 devant la Commission d'examen :

MM. GRASSÉ..... *Président.*

NOIROT..... } *Examineurs.*
MAY..... }

PARIS

MASSON ET C^{IE}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

1959

SÉRIE A, n° 761.
N° D'ORDRE : 787.

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Roger DARCHEN

Première thèse. — LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION CHEZ
« APIS MELLIFICA ».

Deuxième thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 30 Avril 1957 devant la Commission d'examen :

MM. GRASSÉ	<i>Président.</i>
NOIROT	} <i>Examineurs.</i>
MAY	



PARIS

MASSON ET C^{IE}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

===== 1959 =====

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

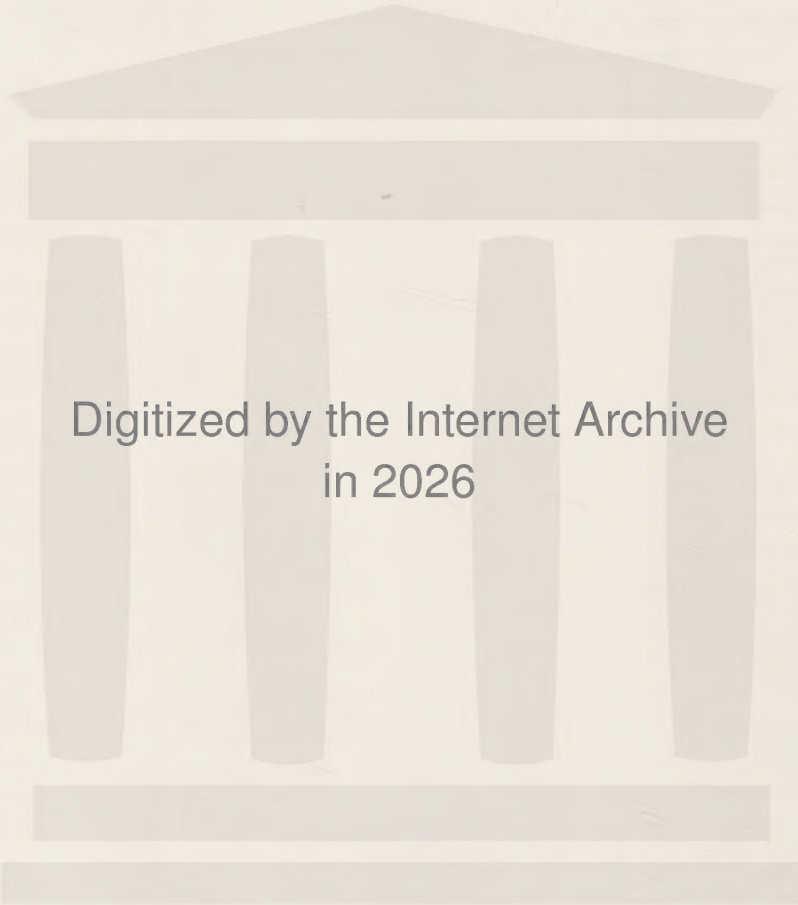
Doyen. J. PÉRÈS.

PROFESSEURS

MM.			MM.		
G. JULIA.	T	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.	QUENEY	T	Météorologie et Dynamique atmosphérique.
E. DARMOIS.	T	Enseignement de Physique.	GALLIEN	T	Embryologie.
R. LÉVY	T	Physiologie comparée.	EICHHORN.	T	Biologie végétale (P. C. B.).
FOCH.	T	Mécanique physique et expérimentale.	DE CUGNAC.		Biologie végétale (P. C. B.).
PAUTHENIER.	T	Électrotechnique générale.	M ^{lle} CAUCHOIS.	T	Chimie-Physique.
DE BROGLIE.	T	Théories physiques.	THELLIER.	T	Physique du Globe.
JOB	T	Chimie générale.	AUDUBERT	T	Électrochimie.
PRENANT	T	Anatomie et Histologie comparées.	L'HÉRITIER.	T	Génétique.
GARNIER	T	Géométrie supérieure.	GRIVET.	T	Radio-électricité.
PÉRÈS	T	Mécanique des fluides et applications.	PONCIN.	T	Mécanique des fluides.
LAUGIER	T	Physiologie générale.	THIRY	T	Mécanique appliquée.
M. CURIE.	T	Physique (P. C. B.).	DUBREIL	T	Arithmétique et Théorie des nombres.
BARRABÉ	T	Géologie structurale et Géologie appliquée.	QUELET.	T	Chimie organique.
G. DARMOIS.	T	Calcul des probabilités et Physique mathématique.	CAGNIARD.	T	Géophysique appliquée.
J. BURCART	T	Géographie physique et Géologie dynamique.	CHAMPETIER.	T	Chimie macromoléculaire.
M ^{me} JOLIO-CURIE.	T	Physique nucléaire et Radio-activité.	CUVILLIER.	T	Géologie structurale et Géologie appliquée.
PLANTÉFOL	T	Botanique.	JUNG.	T	Pétrographie.
CABANNES.	T	Recherches physiques.	TRILLAT.	T	Chimie physique.
GRASSÉ.	T	Évolution des êtres organisés.	WIEMANN.	T	Chimie (M. P. C.).
PRÉVOST	T	Chimie organique.	JACQUINOT	T	Spectroscopie et Physique céleste.
BOULIGAND	T	Application de l'analyse à la Géométrie.	VASSY		Physique de l'Atmosphère.
CHAUDRON	T	Chimie appliquée.	DESTOUCHES.		Théories physiques.
WYART.	T	Minéralogie.	M. PRUVOST.	T	Géologie.
TEISSIER	T	Zoologie.	AMIEL	T	Chimie (P. C. B.).
MANGENOT.	T	Biologie végétale.	HOCART.	T	Minéralogie.
P. AUGER.	T	Physique quantique et Relativité.	J.-P. MATHIEU.	T	Physique (P. C. B.).
MONNIER.	T	Physiologie des fonctions.	COUTEAUX.	T	Biologie animale (P. C. B.).
PIVETEAU.	T	Géologie.	MAY		Biologie animale (P. C. B.).
ROCARD.	T	Physique (É. N. S.).	CHOQUET	T	Calcul différentiel et intégral.
H. CARTAN	T	Mathématiques (É. N. S.).	FELDMANN		Biologie (P. C. B.).
LAFFITTE.	T	Chimie générale.	GUINIER	T	Physique (P. C. B.).
FAVARD.	T	Mécanique générale.	JOST.	T	Biologie (P. C. B.).
COULOMB	T	Physique du Globe.	FORTET.	T	Calcul des probabilités.
M ^{lle} COUSIN.	T	Biologie animale (P. C. B.).	SCHWARTZ.	T	Méthodes mathématiques de la Physique.
CHRÉTIEN.	T	Chimie minérale.	CHOUARD.	T	Physiologie végétale.
P. DRACH.	T	Zoologie.	MALAVARD	T	Aviation.
KASTLER	T	Physique.	BRELOT.	T	Calcul différentiel.
EPHROSSI.	T	Génétique.	NORMANT.	T	Chimie (P. C. B.).
WURMSER.	T	Biologie physico-chimique.	BÉNARD.		Chimie (P. C. B.).
RIVIÈRE	T	Géologie (S. P. C. N.).	BUVAT		Botanique (É. N. S.).
GAUTHERET.	T	Biologie végétale (P. C. B.).	DUGUÉ.	T	Statistiques mathématiques.
LUCAS	T	Physique.	GÉLOSO.		Chimie (S. P. C. N.).
A. THOMAS.	T	Biologie cellulaire.	SOULIAC.	T	Psychophysiologie.
ARNULF.	T	Optique appliquée.	ULRICH.	T	Physiologie végétale.
M. MORAND.	T	Physique.	MARÉCHAL	T	Optique théorique et appliquée.
SOLEILLET.	T	Physique.	KIRRMANN	T	Théories chimiques.
FORTIER	T	Mécanique expérimentale des fluides.	CHADEFAUD.		Botanique.
DANJON.	T	Astronomie.	DESTRIAU.		Physique (M. P. C.).
FROMAGEOT.	T	Chimie biologique.	M ^{lle} LE BRETON.		Physiologie générale.
LAPORTE	T	Physique générale et Radioactivité.	SALEM		Mathématiques générales.
JANET	T	Mécanique analytique et Mécanique céleste.	ESCLANGON.	T	Physique (P. C. B.).
PETIT.	T	Biologie maritime.	LELONG.	T	Mathématiques générales.
			DEVILLERS		Anatomie et Histologie comparées.
			EHRESMANN	T	Topologie algébrique.
			FRANÇON.		Physique (M. P. C.).
			GLANGEAUD	T	Géographie physique et Géologie dynamique.

MM.		MM.	
GODEMENT	T	Mathématiques (M. P. C.)	M. LÉVY
PISOT	T	Calcul des probabilités.	LENORMANT
ROCH (E.)		Géologie.	M ^{me} CHAIX
SCHATZMANN		Astrophysique.	M ^{me} HUREL-PY . . .
TERMIER	T	Paléontologie stratigraphique.	PIAUX
ZAMANSKY	T	Mathématiques générales.	BRUN
JOLIOT	T	Physique nucléaire et Radio-activité.	LEDERER
LENNUIER		Physique (P. C. B.).	M ^{me} DUBREIL-JACOTIN.
RIZET		Génétique.	M ^{me} LELONG-FERRAND.
ROUTHIER		Géologie appliquée.	
M ^{me} TONNELAT		Théories physiques.	BELLAIR
DIXMIER		Mathématiques (M. P. C.).	COTTE T
SOUCHAY		Chimie (P. C. B.).	DUBOIS (J.-E.) . . .
AIGRAIN		Physique (P. C. B.).	LAMOTTE
BRUSSET		Chimie (P. C. B.).	LE ROLLAND
		Secrétaire général.	MICHEL
			Ch. MONIER.

Physique théorique.
 Physiologie.
 Chimie biologique.
 Biologie végétale (P. C. B.).
 Chimie (P. C. B.).
 Mécanique expérimentale des fluides.
 Chimie biologique.
 Mathématiques.
 Mathématiques (E. N. S.).
 Géologie (S. P. C. N.).
 Physique (M. P. S.).
 Chimie.
 Zoologie (E. N. S.).
 Mécanique des fluides.
 Chimie (P. C. B.).



Digitized by the Internet Archive
in 2026

LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION CHEZ *APIS MELLIFICA*

Par Roger DARCHEN

Sommaire.

AVANT-PROPOS	115
<i>Chapitre I. — Histoire des recherches sur les constructions d'<i>Apis mellifica</i>..</i>	116
A. La forme des cellules : perfections ou imperfections. La loi de l'économie, p. 116. — B. La forme de la cellule : données explicatives. Le problème social n'a pas été perçu, p. 117. — C. Méthodes employées, p. 120. — D. Autres études sur les constructions des Abeilles, p. 120.	
<i>Chapitre II. — Le matériel et les méthodes</i>	122
I. Périodes et lieux de l'expérimentation, p. 122. — II. Matériel employé en plein air, p. 123. — III. Matériel et méthodes dont traite le chapitre VIII, p. 123.	
<i>Chapitre III. — Influence de la forme de l'essaim sur son installation dans une ruche; les premières bâtisses</i>	125
I. <i>Influence de la forme de l'essaim sur son installation dans une ruche</i> , p. 125. — A. L'essaim s'installe de préférence en haut d'une ruche : expériences de <i>Sendler</i> . — B. Préférences pour les trièdres supérieurs, p. 125. — C. Analogies hydrostatiques, p. 127. — D. Composition de l'essaim, p. 129.	
II. <i>Influence de la forme de l'essaim sur la formation du premier rayon</i> , p. 130. — A. Action de la pesanteur sur la forme des rayons : expériences de <i>Gontarski</i> , p. 130. — B. Existence de forces latérales, p. 131. — C. Hypothèses sur le départ du premier rayon, p. 131.	
III. <i>Conclusions</i> , p. 132.	
<i>Chapitre IV. — Le développement de la forme du rayon.....</i>	134
I. <i>Généralités</i> , p. 134.	
II. <i>Développement du rayon vu en coupe</i> , p. 138.	
III. <i>Développement du rayon vu de face</i> , p. 139. — A. Généralités, p. 139. — B. Les hypothèses, p. 140. — C. La forme ellipsoïdale, p. 140. — D. La construction à l'envers, p. 144.	
IV. <i>Le développement du rayon vu de profil</i> , p. 146.	
V. <i>Les « petits travaux » de la ruche</i> , p. 148.	
<i>Chapitre V. — Caractéristiques de la régulation dans la formation du rayon.</i>	149
I. Insertion d'obstacles sur une face du rayon, p. 149. — II. Obstacles posés normalement à 10 mm au-dessus des orifices des alvéoles, sur un côté, p. 153. — III. Application d'un grillage sur une face du rayon, p. 153.	
ANN. DES SC. NAT., ZOOL., 12 ^e série, 1959.	
	I, 10

Chapitre VI. — Les cellules du rayon	157
I. <i>Généralités</i> , p. 157. — A. Forme des cellules vues de face, p. 157. — B. Forme des cellules vues de profil, p. 160.	
II. <i>Une règle générale de la construction</i> , p. 160. — A. Les retouches, p. 160. — B. Des faits : formation des cellules normales, réparation d'une brèche, p. 161. — C. Raccord de cellules mâles et de cellules d'ouvrières, p. 175.	
Chapitre VII. — Le parallélisme des rayons	176
I. <i>La pose des assises. Les retouches</i> , p. 176. — A. La pose des assises, p. 176. — B. Retouches de rayons construits et de plaques de cire gaufrée, p. 178.	
II. <i>Le parallélisme et l'équidistance des rayons : analyse détaillée</i> , p. 180. — A. Influence du rayon voisin, p. 180. — B. Influence de la cire façonnée en cellules, p. 181. — C. Influence de la chaîne cirière, p. 182.	
Chapitre VIII. — La physiologie de l'essaim dans sa fonction constructrice.	
Introduction	185
I. <i>Le rôle de la reine dans la construction cirière</i> , p. 185. — A. Études en nucleus du nombre limite, p. 185. — B. Études sur des ruches en plein air, p. 187. — C. La présence d'œufs et la construction, p. 189. — D. Rythmes d'activité dans la construction cirière, p. 190. — E. Existence de centres de construction dans la ruche, p. 192. — F. Relations entre l'apport en miel ou en sucre et la construction, p. 193. — G. Relations entre l'état physiologique de la reine et la construction, p. 193. — H. Relations entre la fièvre d'essaimage et la construction, p. 194. — I. Applications pratiques, p. 195. — J. Annexe concernant l'âge des Abeilles cirières, p. 195.	
II. <i>La substance distribuée par la reine</i> , p. 196. — A. Son existence, p. 196. — B. Sa distribution et sa transmission, p. 197. — C. Interprétations des observations précédentes (I et II) à la lumière de ces dernières données, p. 198.	
CONCLUSION. — Les grappes d'Abeilles cirières. L'aspect social du comportement constructeur	199
RÉSUMÉ	203
BIBLIOGRAPHIE	205

Avant-propos.

En 1949, lorsque j'entendis parler du comportement constructeur du Termite dans l'amphithéâtre du Laboratoire d'Évolution des Êtres Organisés, j'étais loin de me douter que ces cours allaient être à l'origine de ma vocation scientifique. Quelques années plus tard, j'ai eu la joie de voir M. le professeur P.-P. GRASSÉ s'intéresser à mes travaux et présider le jury d'examen malgré ses multiples obligations.

M. CHAUVIN, directeur de la Station de Recherches Apicoles de Bures-sur-Yvette, sous la direction de qui j'avais déjà étudié le comportement des Insectes, m'a guidé de ses conseils au cours de ce travail et m'a procuré, à Bures, tous les moyens matériels indispensables. Je lui en exprime toute ma gratitude.

Bien d'autres encore ont travaillé à la réussite de cette thèse. C'est pourquoi je tiens à remercier M. CHOPARD, directeur du Laboratoire d'Entomologie du Muséum National d'Histoire Naturelle, qui m'a ouvert jadis les portes de sa bibliothèque dans laquelle j'ai puisé tant de renseignements.

Je remercie également MM. MAY et NOIROT qui m'ont fait l'honneur d'accepter de faire partie du Jury d'examen et dont les critiques ont été d'une grande utilité.

Le *Centre National de la Recherche Scientifique* m'a accordé l'aide matérielle sans laquelle j'étais dans l'impossibilité de poursuivre plus avant mes travaux. Je l'en remercie.

Ce serait une grave ingratitude que d'oublier dans cet Avant-propos mes Collègues et Amis, l'équipe du Laboratoire de Bures-sur-Yvette, M^{lle} PAIN et MM. GOILLOT, LAVIE, LECOMTE, LOUVEAUX, VUILLAUME, qui, chacun dans leur domaine, m'ont prodigué les renseignements indispensables à la modeste synthèse que je propose.

Je veux enfin terminer en remerciant M^{lle} BONNET, M. DRAGESCO, qui ont aidé à illustrer ce travail.

« Quand donc les Abeilles ne donneraient pas toujours aux rhombes des alvéoles les angles que leur théorie demanderait qu'elles leur donnassent, il n'y aurait pas de quoi être étonné, on ne doit que l'être de ce qu'elles s'écartent si peu des mesures précises... De là, il suit que l'hexagone n'est pas parfait, qu'il n'a pas ses côtés égaux, qu'il en a de plus petits que les autres. Il arrive aussi que les angles de l'hexagone ne sont pas tous égaux entre eux, mais la différence est moins grande entre les angles et les pans auprès de l'ouverture, qu'elle ne l'est auprès de la base. Les petits pans de l'hexagone m'ont paru s'élargir, et les grands m'ont paru s'étrécir à mesure qu'ils s'éloignent de la base... Néanmoins, les Abeilles ne construisent pas toujours des ouvrages si délicats, avec autant d'exactitude qu'elles semblent se le proposer, mais, si les inégalités deviennent trop grandes dans une cellule, elles savent les sauver en ajoutant ou en retranchant à la base de la cellule suivante ; ainsi les irrégularités ne vont pas en augmentant. Si une base a été un peu trop étendue, elles en laissent une petite portion à la cellule qui suit, et, si la base a été trop étroite, avant que d'élever les pans, les Abeilles prennent ce qui lui manque sur la base destinée à soutenir une autre cellule. » (1740, RÉAUMUR, *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, t. V.)

CHAPITRE PREMIER

HISTOIRE DES RECHERCHES SUR LES CONSTRUCTIONS D'*APIS MELLIFICA*

S'il est un problème de biologie qui a été fort étudié, c'est certainement celui des constructions chez *Apis mellifica*. Et, pourtant, il est un de ceux où se rencontrent le moins de résultats positifs. Un bref historique montrera la réalité de cette affirmation, la bibliographie de la fin de ce travail pourra le confirmer.

De plus, certains aspects de la construction cirière ont été plus que d'autres des sujets d'étude pour les chercheurs. Pour ce motif, je ferai un historique qui tiendra compte non seulement des différentes parties de ce mémoire, mais encore de ces divers sujets.

A. — La forme des cellules : perfections ou imperfections ; la loi de l'économie.

Indubitablement, c'est la forme des cellules qui a le plus intéressé les naturalistes. Ce prisme hexagonal, apparemment parfait, ce fond rhombododécaédrique, voilà de quoi faire rêver un esprit tant soit peu poète ou métaphysicien : à l'instar de MARALDI (1620) dans *De l'origine*

des Abeilles, citons ARISTOMACHUS, HILLISCUS, ARISTOTE, VIRGILE, PLINE... ARMBRUSTER (1920), dans *L'Histoire du problème de la cellule d'Abeilles*, commence sa bibliographie à partir de KÉPLER (1919). Il cite SWAMMERDAM dont il ne semble pas avoir connu les descriptions étonnantes par leur précision : « Les angles de la partie supérieure des cellules, écrit SWAMMERDAM, sont égaux tandis que ceux de la partie inférieure sont plus obtus. » Il s'élève ensuite contre THÉVENOT qui veut prendre la cellule comme étalon de mesure : « Quant à moi, je ne trouve pas les cellules si régulières qu'on a l'air de le croire. En tout cas, il en est autrement dans notre pays. Certes, si on les regarde rapidement, elles ne semblent pas différer de plus de l'épaisseur d'un poil (*discrepare pilum*, écrit le traducteur). Cependant, si on les compare avec attention, elles paraissent extrêmement irrégulières, surtout au moment de la miellée : les trois aires du fond peuvent être oblongues ou ressembler à des rhombes. Bien plus, j'ai découvert des cellules les unes plus profondes ou plus grandes que les autres. »

Alors que Jeffries WYMAN (1866), PÉREZ (1889), Heinrich VOGT (1911) adoptent les idées de SWAMMERDAM, RÉAUMUR (1740) écrit : « Quand donc les Abeilles ne donneraient pas toujours aux rhombes des alvéoles les angles que leur théorie demanderait qu'elles leur donnassent, il n'y aurait pas de quoi être étonné ; on ne doit que l'être de ce qu'elles s'écarteront si peu des mesures précises. » Il engagera, en revanche, les chercheurs dans des controverses intarissables, lorsqu'il confiera à des mathématiciens tels KÆNIG (1740) et d'autres, le soin de calculer le volume idéal, capable de contenir le maximum de miel dans un minimum de cire. En effet, voici l'une des grandes idées de RÉAUMUR qui dominera le tome V de ses *Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes* : « J'ai soupçonné que la raison, ou une des raisons, qui avait décidé les Abeilles était l'épargne de la cire. » Cette idée sera adoptée par BUFFON (1753), KLUGEL (1772), DARWIN (1859), WATERHOUSE (1864), MUELLENHOFFS (1883) et même ARMBRUSTER. En revanche, SMITH (1864) et VOGT infirmeront cette hypothèse, le premier en s'étonnant que les Abeilles utilisent la cire, matériel rare, au lieu d'imiter les Guêpes qui emploient « les fibres et la boue », le second en écrivant « que l'économie de la cire est une fiction qui n'entre pas en ligne de compte pour déterminer la forme des cellules, et que la surface des bases des pyramides, si toutefois elle peut s'expliquer, doit être dérivée d'une autre cause que l'économie ».

B. — La forme des cellules : données explicatives.

Les controverses ont été vives lorsque les chercheurs ont décrit la formation des cellules. Si l'on suit HUBER (1814), on prétendra que les cellules obtiennent leur forme définitive dès le premier moment et que la première cellule façonnée conditionne la forme des autres. Avec cette prise de position, il ne tentera pas, on s'en doute, d'expliquer le passage des cellules

d'ouvrières aux cellules de bourdons et, inversement, le passage d'une cellule irrégulière à une cellule régulière, les cellules de transition, les retouches... Les esprits mathématiques, comme ceux de BUFFON, KLÜGEL, SMITH, MUELLENHOFFS, DITTRICH (1904), seront portés à admettre cette solution simple et satisfaisante. Des naturalistes, au contraire, auront tôt fait de remarquer qu'il n'en est pas ainsi. WATERHOUSE, ARMBRUSTER indiqueront que les Abeilles amassent d'abord de la cire et qu'elles la façonnent ensuite : « La paroi médiane initiale et les premières fondations des cellules ne sont que des amas de matériaux. Il n'est pas question d'angles précis et moins encore d'angles de 120° . »

Ces deux dernières prises de position entraîneront deux sortes d'explications mécaniques, l'une plus biologique que l'autre. BUFFON apporte d'abord une solution qui, maintenant, nous fait sourire : « Dirai-je encore un mot ; ces cellules des Abeilles, ces hexagones tant vantés, tant admirés me fournissent une preuve de plus contre l'enthousiasme et l'admiration ; *cette figure, toute géométrique et toute régulière* qu'elle nous parait, et qu'elle est en effet dans la spéculation, n'est ici qu'un résultat mécanique et assez imparfait qui se trouve dans la nature, et que l'on remarque même dans ses productions les plus brutes ; les cristaux et plusieurs autres pierres, quelques sels... prennent constamment cette figure dans leur formation. Qu'on observe les petites écailles de la peau d'une roussette, on verra qu'elles sont hexagones, parce que chaque écaille croissant en même temps se fait obstacle et tend à occuper le plus d'espace possible, dans un espace donné. On voit ces mêmes hexagones dans le second estomac des animaux ruminants... Qu'on remplisse un vaisseau de pois ou de quelques autres graines cylindriques et qu'on le ferme exactement après y avoir versé autant d'eau que les intervalles, entre ces graines, peuvent en recevoir ; qu'on fasse bouillir cette eau, tous ces cylindres deviendront des colonnes à six pans. On en voit clairement la raison qui est purement mécanique ; chaque graine dont la figure est cylindrique tend, par son renflement, à occuper le plus d'espace possible dans un espace donné ; elles deviennent donc toutes nécessairement hexagones par la compression réciproque ; chaque Abeille cherche à occuper de même le plus d'espace possible dans un espace donné ; il est donc nécessaire aussi, puisque le corps des Abeilles est cylindrique, que leurs cellules soient hexagones par la même raison des obstacles réciproques. » MUELLENHOFFS invoquera les dimensions de la tête et du corps des Abeilles pour déterminer la forme hexagonale, ainsi que les expériences de PLATEAU sur l'interaction des forces des surfaces minces des liquides. ABRAHAM NETTER (1900) croira trouver l'explication dans la forme hexagonale des ommatidies des yeux de ces Insectes ; MITSCHALL (1911), DAWSON et WOODHEAD (1889) chercheront des solutions dans les phénomènes de solidification des corps.

Tous ces auteurs, *quelle que soit la variété de leurs explications, n'ont fait que suivre BUFFON dans la voie qu'il leur avait tracée* ; à leurs observations, plus perspicaces, se sont adjointes des hypothèses plus proches du réel, plus complexes, mais ne tenant compte que des Insectes-machines conçus

sur le type des machines du XVIII^e siècle. Ils en sont restés aux perspectives de BUFFON lorsqu'il écrit : « Cette société n'est donc qu'un assemblage physique, ordonné par la nature, et indépendant de toute vue, de toute connaissance, de tout raisonnement. La mère Abeille produit 10 000 individus tout à la fois, et dans le même lieu ; ces 10 000 individus, fussent-ils encore mille fois plus stupides que je ne suppose, seront obligés pour continuer seulement d'exister de s'arranger de quelque façon ; comme ils agissent tous les uns comme les autres avec des forces égales, eussent-ils commencé par se nuire, à force de se nuire ils arriveront bientôt à se nuire le moins qu'il sera possible, c'est-à-dire à s'aider ; ils auront donc l'air de s'entendre et de concourir au même but. »

En face de ces auteurs, ARMBRUSTER, modifiant les idées de WATERHOUSE DARWIN et VOGT, adopte une attitude plus réaliste, plus biologique que je résume ci-après. (J'exposerai par la suite ce problème considéré sous un autre angle.) Tous ces auteurs s'inspirent de la « théorie circulaire » pour expliquer la construction des cellules. Elle peut s'énoncer ainsi : « Dès que l'ouvrière a gagné de l'espace, de la place, sur ce terrain préparatoire (un amas de boulettes de cire), pour réaliser son plan, elle montre « qu'elle voudrait bâtir en rond. En effet, dans un endroit où nulle voisine ne pourrait encore se mettre à bâtir, vers la périphérie, l'esquisse de la cellule est exactement une partie d'un cercle » (ARMBRUSTER). L'idée n'est pas nouvelle, mais on ignore quel en est l'inventeur. Ensuite, lorsque les ouvrières travaillent côte à côte, les parois tubulaires de l'alvéole deviennent des surfaces planes, les bases deviennent dodécaédriques, par un simple jeu de forces physiques. J'envoie aux écrits de VOGT pour l'exposé des démonstrations physiques et mathématiques de ces phénomènes.

Ces conceptions sont largement développées par ARMBRUSTER qui a été frappé par la forme circulaire des alvéoles d'autres Hyménoptères. Pour lui, la forme des cellules d'*Apis mellifica* résulterait des actions conjuguées de forces opposées, agissant dans des plans parallèles et perpendiculaires à celui du fond des cellules : « On ne peut parler, ajoute-t-il, d'un instinct acquis phylogénétiquement, instinct d'assembler les plans sous un angle de 120°. Le seul instinct acquis, commun d'ailleurs aux autres Hyménoptères bâtisseurs, est celui de construire des nids circulaires à bases hémisphériques. » Il constate, lui aussi, les tailles différentes des cellules, causées par la présence d'éléments (Abeilles) obéissant à des lois, des seuils de différenciation, des sensibilités à la différenciation, des constantes au sens de la loi de WEBER-FECHNER et il conclut ainsi : « La régularité des cellules est due surtout à l'action en commun de plusieurs travailleuses édifiant une paroi mince et pétrissable : donc elle est déterminée par des instincts plastiques et par un matériau soumis aux lois physiques les plus élémentaires, suivant une nécessité toute naturelle. »

C. — Les méthodes d'étude.

A part RÉAUMUR et HUBER, peu de chercheurs se sont livrés à de véritables expériences ; en général, ils ont observé la ruche à travers une vitre ou décrit les travaux des Abeilles. Que dire du résultat des observations ? Il est bien mince, en vérité ! Combien d'auteurs décrivent, pour l'avoir vue, la formation d'une cellule ou d'un rayon ? Seul, HUBER, aveugle, avec l'aide de son domestique BURNENS, s'est efforcé d'exposer le fruit de ses recherches : or, celles-ci semblent loin de la réalité. Les autres entomologistes n'ont fait que reprendre le travail de HUBER. Pour des non-initiés, cette lacune peut paraître paradoxale après des siècles d'observation. Cependant, elle est compréhensible, puisque les Abeilles au travail en groupe sont sans cesse couvertes par plusieurs couches de compagnes, apparemment inertes, les dissimulant à la vue de l'observateur. Les seuls travaux que l'on puisse décrire sont ceux qui consistent à façonner, perfectionner, fixer des cellules déjà construites. Or, ce n'est pas le fait qui nous préoccupe essentiellement. Par ailleurs, si l'on réduit la population de la ruche au nombre limite nécessaire pour obtenir des alvéoles, la perturbation est telle que le phénomène social disparaît immédiatement : la grappe cirière se dissocie. L'observation se solde alors par un quasi-échec, malgré d'innombrables heures de travail. Faudra-t-il pour autant rejeter la méthode ? Non, mais il faut la perfectionner en s'aidant de l'expérimentation.

D. — Autres études sur les constructions des Abeilles.

Jusqu'à nos jours, peu d'autres problèmes relatifs à la construction ont fait l'objet d'une étude approfondie : la forme des rayons, le choix de la ruche sont presque passés inaperçus. RÉAUMUR, seul, s'est préoccupé du rôle de la reine dans les constructions et en a montré l'importance. A cet effet, il a retiré, changé, observé l'état des reines dans les ruches paresseuses. J'aurai l'occasion de rapporter ses conclusions.

TARANOV (1946), LINDAUER (1952), MEYER et ULRICH (1952) ont cherché à connaître l'âge des ouvrières bâtisseuses. La question reste controversée. DREYLING et ROSCH (1925) signalent que les glandes cirières ne deviennent actives que le treizième jour et arrêtent leur sécrétion le dix-huitième. Ils ajoutent, cependant, qu'il n'y a pas obligatoirement une corrélation entre le travail et le volume des glandes cirières : les Abeilles en état de travailler peuvent avoir des glandes beaucoup plus petites que les ouvrières butineuses. LINDAUER, après avoir repris les travaux de ROSCH, conclut que le programme de travail dans une ruche ne découle pas de l'état interne de l'Abeille, mais plutôt des besoins de la colonie : ainsi des ouvrières peuvent à la fois bâtir et nourrir. Dans ce cas, les glandes cirières et les glandes pharyngiennes fonctionnelles coexistent.

Il a même observé des écailles sous l'abdomen d'abeilles âgées de deux à trois jours avant la maturation des glandes cirières. MEYER et ULRICH pensent que les Abeilles de trois à neuf jours ne servent qu'à operculer le couvain en empruntant la cire aux cellules déjà construites.

MEYER s'est occupée des « petits travaux » de la ruche, c'est-à-dire « les travaux exécutés par des Abeilles isolées, agissant individuellement et indépendamment ». Elle les oppose ainsi aux travaux spécifiquement sociaux, « travaux du type hexagonal et à double couche ». Elle cite parmi les petits travaux : le renforcement des parois des cellules, leur rognage et leur allongement, la formation et le perfectionnement des opercules. Ces travaux sont, en outre, exécutés « par des Abeilles isolées, indépendantes, qui peuvent accomplir plusieurs tâches, dans un ordre quelconque, à différentes places de la ruche ». Elles présenteraient une discontinuité dans le travail.

Bref, un grand sujet d'étude se propose à nous, celui du travail social proprement dit : ses formes, ses lois... C'est ce que mes études présentes tentent de dégager.

CHAPITRE II

LE MATÉRIEL ET LES MÉTHODES

I. — Période et lieux de l'expérimentation.

Ce travail représente six années d'expérimentation pendant la saison apicole ; il vaudrait mieux dire pendant la période de production de la cire. Or, cette dernière, on le sait, est courte : elle commence, dans nos régions, vers le milieu ou la fin de mai pour s'arrêter totalement au début d'août, à la condition, d'ailleurs, d'approvisionner régulièrement les Abeilles en sirop de sucre. Deux mois et demi à trois mois, voilà le temps qui m'a été imparti, chaque année, pour étudier les problèmes à élucider. Les récentes techniques de RENNER qui permettent, dans de grandes chambres chauff-

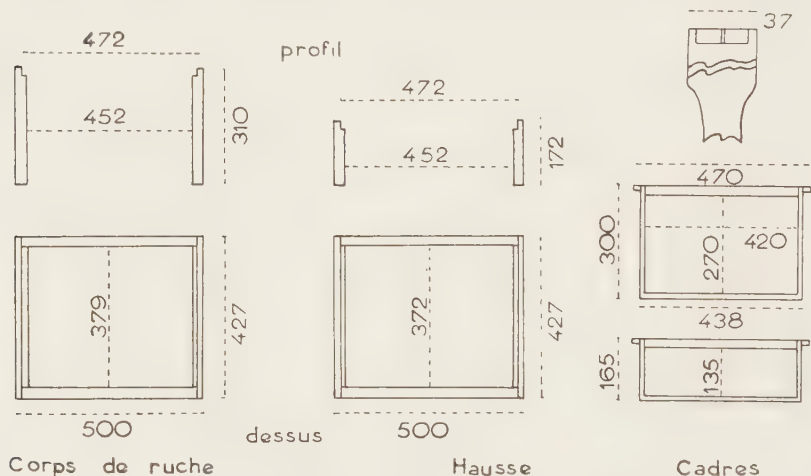


Fig. 1. — Dimensions des éléments de la ruche Dadant.

fées et éclairées, de garder en pleine activité des essaims toute une année n'étaient pas encore entrées dans la pratique des laboratoires.

D'autre part, les régions où j'ai travaillé ne sont guère mellifères et les ruches n'y font jamais beaucoup de cire (région de Bures-sur-Yvette, Seine-et-Oise, et forêt de Senonches, Eure-et-Loir).

J'ai donc nourri à peu près constamment les ruches dont je me servais afin de compenser la pénurie possible de nectar. Quotidiennement, j'emplissais des nourrisseurs situés au-dessus des ruches par de l'eau sucrée ou par un sirop dilué de sucre et de miel.

Dans certains cas, cependant, j'évitais de me servir de ce procédé qui risquait de créer certaines erreurs d'interprétation, ainsi que je le montrerai : le sucre polarise la construction dans la direction du nourrisseur. Je devais donc m'abstenir de l'employer lorsque je cherchais à déterminer les zones que préfère un essaim sauvage introduit dans une ruche.

II. — Le matériel employé en plein air.

En Eure-et-Loir, les Abeilles noires communes peuplaient mes ruches ; en Seine-et-Oise, j'utilisais indifféremment les noires communes ou les italiennes.

Le matériel employé est conforme aux normes Dadant : le corps de la ruche est une caisse dont les mesures intérieures sont les suivantes : 452 mm de long, 379 mm de large, 307 mm de haut ; la hausse est une caisse dont la hauteur seule est différente (172 mm). La distance du milieu d'un cadre à un autre est de 37 mm. Les corps et les hausses peuvent être utilisés avec ou sans cadre suivant les cas (fig. 1).

Je me suis servi également d'une ruche vitrée d'un type spécial, peu employée, semble-t-il. Comme je l'ai signalé dans l'historique de ce travail, les ruches vitrées contenaient jusqu'ici des rayons construits par les Abeilles dans un plan parallèle à celui des vitres. L'observateur voyait le dos des Insectes formant la grappe cirière ; les organes masticateurs, les pattes des travailleuses, etc., lui étaient cachés la plupart du temps. En outre, en réduisant la ruche à un seul rayon, on supprimait tout rapport entre les groupes d'Abeilles cirières occupées à la construction de rayons voisins.

J'ai fait bâtir un nucleus vitré de $360 \times 70 \times 360$ mm dans lequel les Abeilles édifiaient leurs cellules dans un plan normal à celui des vitres. La grappe cirière se présente par la tranche et on peut assister facilement à la construction simultanée de plusieurs rayons, à vrai dire très étroits (fig. 2).

La plupart du temps, mon principal souci sera de placer les Abeilles dans une situation anormale (une ou plusieurs perturbations des rayons de cire) afin d'en observer le comportement.

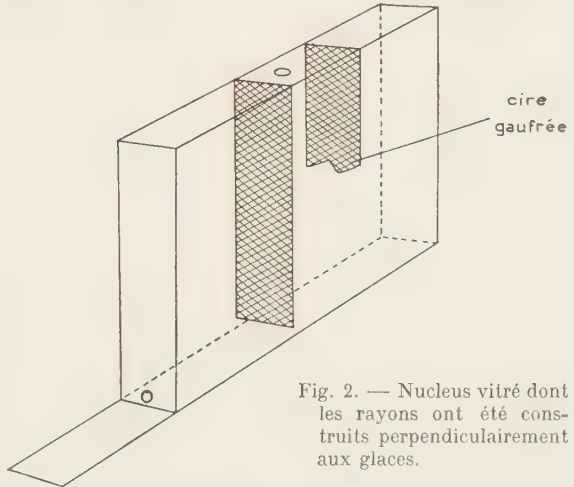


Fig. 2. — Nucleus vitré dont les rayons ont été construits perpendiculairement aux vitres.

III. — Le matériel et les méthodes du chapitre VIII.

Le huitième chapitre mérite une mention spéciale, car il diffère assez profondément des autres par le matériel et les méthodes employées.

En effet, dans ce dernier chapitre, où j'essaie d'élucider le rôle des reines dans l'organisation et le travail de la grappe cirière, j'utilise deux sortes de nuclei dont les dimensions sont les suivantes : 140 mm, 40 mm, 160 mm et 490 mm, 100 mm, 200 mm. Ils sont maintenus dans une étuve. Ce système permet de poursuivre des expériences jusqu'aux mois de septembre et d'octobre à la condition que les ruches de plein air fournissent le couvain nécessaire à la formation de jeunes Abeilles.

La plus grosse difficulté a été de maintenir les Abeilles en parfait état de santé. J'ai commencé par les nourrir avec du sirop de sucre et de miel. Très rapidement, je me suis aperçu qu'il cristallisait ou fermentait. J'étais donc obligé de changer les abreuvoirs assez souvent. En ajoutant de l'hydroxyde de benzoate de méthyle (para)

dans la proportion de 1 p. 100, la mortalité consécutive à l'absorption de sirop fermenté s'est nettement abaissée. J'employais aussi quelquefois la méthode d'élevage suivante : nourrissage au candi et au pollen, abreuvoir d'eau renouvelée assez fréquemment, température maintenue entre 25 et 30°. Cette dernière technique pare aux inconvénients précédents. Est-ce la meilleure de toutes ? Pour l'assurer, il faudrait déterminer avec exactitude si son usage n'amène pas, comme je crois l'avoir observé, une diminution de la quantité de cire construite : l'amasement du sirop intervient peut-être dans le comportement constructeur (chap. VIII), et la relation établie par RIBBANDS (1952) entre le jabot distendu des Abeilles et la sécrétion de la cire peut aussi jouer un certain rôle.

CHAPITRE III

INFLUENCE DE LA FORME DE L'ESSAIM SUR SON INSTALLATION DANS UNE RUCHE ET SUR LES PREMIÈRES BATISSES

I. — Influence de la forme de l'essaim sur son installation dans une ruche.

A. — L'ESSAIM S'INSTALLE DE PRÉFÉRENCE EN HAUT D'UNE RUCHE : EXPÉRIENCES DE SENDLER.

Lors de l'installation d'un essaim dans une ruche quelconque, il est un fait qui ne peut échapper à un observateur attentif : si la grappe d'Abeilles réagit, évidemment aux stimuli, elle le fait *dans son ensemble*.

SENDER, en 1940, fut aussi frappé par cette particularité et étudia expérimentalement ce problème. Ayant déterminé les taxies de l'essaim (géotaxie négative, chimiotaxie positive pour la cire, tangotaxie positive pour les parois rugueuses, attirance de la reine), il mit, en diverses occasions, ces taxies en conflit : conflit entre géotaxie et chimiotaxie et tangotaxie, entre géotaxie et tangotaxie, entre attirance de la reine et géotaxie ou chimiotaxie ou tangotaxie (fig. 3).

De son étude, voici les conclusions : l'essaim se fixe de préférence au-dessous d'un plan horizontal s'il lui est présenté en même temps qu'un plan très incliné, à une plaque de cire plutôt qu'à une plaque de verre, au bois rugueux plutôt qu'au bois poli. Il tentera, en outre, de se rapprocher le plus possible de la reine emprisonnée dans une cage. Cependant sa géotaxie positive dominera la tendance à se grouper autour de la reine, puisque, dans les expériences de SENDLER, l'essaim s'accroche le plus haut possible et se sépare de sa reine prisonnière (fig. 3).

B. — L'ESSAIM PRÉFÈRE LES TRIÈDRES SUPÉRIEURS.

SENDER aurait pu constater comme moi-même que la présence d'un nourrisseur de sirop polarise aussi la construction. Je suis certain, en outre, que bien d'autres facteurs, induisant les constructions à leur proximité, pourraient être découverts : parfums, vieilles cires, propolis, couvain.

Mais là n'est pas, me semble-t-il, le véritable problème ; lequel se serait

certainement présenté à l'esprit de SENDLER si celui-ci avait observé, comme moi, le comportement général des essaims déposés dans des ruches neuves, à l'intérieur desquelles j'essayais d'éliminer les facteurs pertur-

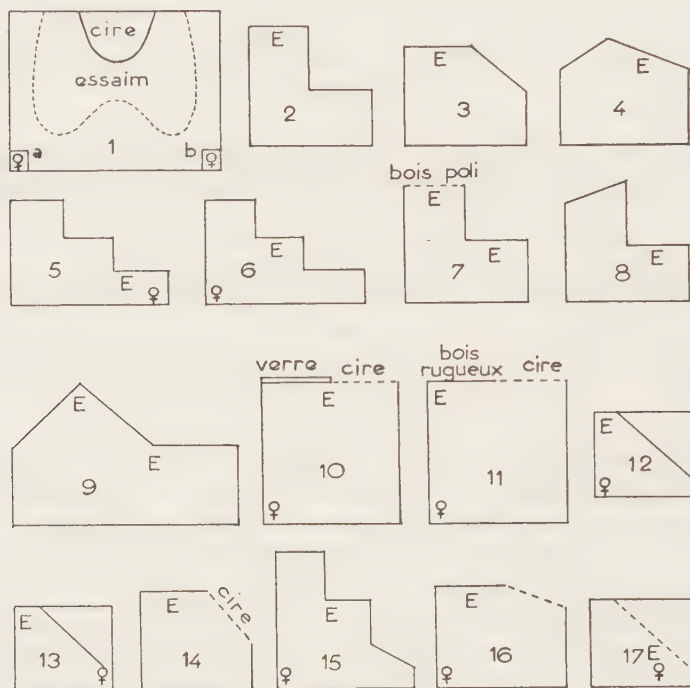


Fig. 3. — Expériences de Sendler sur les taxis de l'essaim.

1, l'attraction exercée par la reine sur l'essaim : *a* et *b*, places occupées par une reine ; noter les prolongements de l'essaim qui se dirige vers elles. Tous les dessins suivants représentent l'influence du substrat et de la géotaxie sur le choix de l'endroit où va s'accrocher l'essaim ; 2, l'essaim s'accroche à l'endroit le plus élevé ; 3, il préfère une paroi horizontale à un plan incliné ; 4, si les deux parois sont inclinées, il choisit celle qui l'est le moins ; 5, si une reine est placée sous le degré inférieur, son influence l'emporte sur celle de la géotaxie négative de l'essaim ; 6, si la reine est en bas, mais du côté opposé au degré inférieur, l'essaim s'approche le plus près possible de l'endroit où elle se trouve ; 7, légère préférence de l'essaim pour le bois rugueux ; 8, la préférence pour les parois horizontales surmonte la géonégativité ; 9, compétition entre l'horizontalité du degré inférieur et la géonégativité de l'essaim : on constate un équilibre des deux tendances ; 10, l'essaim s'accroche à la cire plutôt qu'au verre, même si le choix l'écarte de la reine ; 11, le bois rugueux et la cire sont à peu près également attractifs : les Abeilles préfèrent l'élément qui se trouve le plus près de la reine ; 12 et 13, conflit entre l'attraction exercée par la reine et l'horizontalité ; 14, conflit entre l'attraction exercée par la cire et l'horizontalité ; 15, cf. 6 ; 16, la partie pointillée est recouverte de cire et inclinée à 15° : elle n'est pas distinguée de l'horizontale ; 17, la partie pointillée est en cire : comparer avec 13.

bants ou, du moins, de les répartir également pour rendre le milieu le plus homogène possible.

Tout me confirme qu'un essaim, dans un milieu aussi homogène que possible, s'installe *dans les trièdres supérieurs* d'une ruche parallélépipédique, avec une préférence pour les deux coins du haut opposés à l'entrée. Mais pourquoi l'essaim s'installe-t-il en ces endroits ?

C. — ANALOGIES HYDROSTATIQUES.

Une goutte de liquide, déposée sur une surface qu'elle ne mouille pas, tend à prendre la forme d'une sphère. Celle-ci se déforme sous l'action de la gravité. De même, une goutte suspendue latéralement à un plan vertical a encore une forme sub-sphérique allongée. Approchons d'elle un autre plan vertical, elle s'y attache. Les liquides sont happés par des corps amenés à leur proximité. Plaçons un plateau enduit d'huile à la surface du même liquide ; soulevons-le lentement et horizontalement : il attirera à sa suite une masse du fluide. On sait que ce phénomène est utilisé pour mesurer les tensions superficielles (fig. 4).



Fig. 4. — Mesure des tensions superficielles : voir texte.

Laissons maintenant tomber un essaim dans une ruche découverte : immédiatement, il se répand sur toutes ses parois, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. Plaçons alors le couvre-cadres. Si, au bout de quelques minutes, nous ouvrons la ruche, nous distinguons plusieurs pelotons d'Abeilles répartis au hasard, sur les parois. Avec une pince souple, essayons de retirer un Insecte d'un de ces amas ; il nous faut alors exercer une forte traction ; la plupart du temps, plusieurs Insectes viennent avec lui. *Il existe donc déjà une sorte de force de cohésion à l'intérieur des groupes*, car les Abeilles sont fortement accrochées les unes aux autres par leurs pattes. Cette force disparaît seulement après anesthésie sous l'action de l'anhydride carbonique.

Si l'on referme la ruche, il se produit bientôt un rassemblement général de tous les pelotons isolés de l'essaim. Ce phénomène, étudié par LECOMTE, dépend d'un chimiotactisme et d'excitations vibratoires.

Si nous plaçons une baguette au-dessus d'un petit amas d'Abeilles, celles-ci s'y accrochent et nous pouvons soulever tout l'amas. *C'est un fait général qu'un groupe d'Abeilles se suspend à tout objet placé au-dessus de lui.* L'essaim sauvage s'attache ainsi aux branches des arbres. Il est même intéressant de constater qu'il recherche de préférence les endroits qui lui permettent de s'accrocher dans plusieurs directions, comme à l'intérieur des ruches.

Les pelotons d'Insectes et l'essaim, au repos et suspendus, prennent la forme d'une sphère allongée vers le bas. Dans les dièdres et les trièdres formés par les parois de la ruche, la forme est moins allongée et plus sphérique.

Or la physique nous renseigne sur la stabilité des figures formées par les liquides. En effet, certaines d'entre elles ne possèdent pas toujours le minimum de surface compatible entre leurs liaisons. Elles sont donc instables et il suffit de la plus légère perturbation pour les déformer. On a l'habitude, à ce sujet, de faire quelques expériences simples mais démonstratives. Plongeons, par exemple, un fil de coton d'une certaine longueur

dans l'huile et retirons-le horizontalement. Dans ce cas, le liquide, étalé sur toute sa longueur, se concentre en petites gouttes sphéroïdales, parce que le cylindre formé par le liquide autour du fil est une figure instable. Il est banal de constater que l'eau de pluie sur des fils métalliques se répartit en gouttelettes situées à des distances à peu près égales (fig. 5). De même, si l'essaim est accroché à deux branches horizontales, on peut suivre les phases de sa division si on écarte lentement les branches sectionnées : les deux blocs d'Abeilles seront unis par un pont qui ira s'amenuisant au fur et à mesure qu'ils se dissocieront. La scission se produira et rapidement les deux blocs reprendront une forme se rapprochant de celle de la sphère. On pourrait continuer la même opération avec l'un et l'autre groupe. D'ailleurs, il arrive souvent qu'un essaim, à sa sortie de la ruche, se scinde en pelotons le long d'une branche.

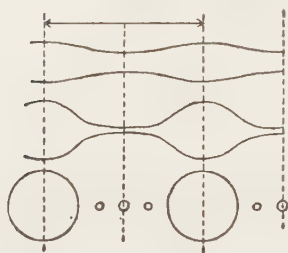


Fig. 5. — Phases des déformations d'un cylindre de liquide qui tend vers un minimum d'énergie potentielle et un minimum de surface. (D'après BOUASSE.)

Devant l'analogie grossière qui existe entre les propriétés des essaims et celles des liquides, il est tentant d'employer aussi le raisonnement analogique pour expliquer certains phénomènes sociaux chez les Abeilles, tel celui auquel nous nous proposons d'apporter une solution : *l'installation des essaims dans les angles trièdres supérieurs des ruches.*

Pourquoi les liquides tendent-ils à former des sphères ? Parce que la sphère est une forme qui, à volume égal, possède la plus petite surface, et parce qu'ainsi, en équilibre, se réduit au minimum l'énergie potentielle entre ses liaisons. Il

en sera de même dans l'essaim où nous avons découvert une force de cohésion : il tendra aussi à posséder une enveloppe dont l'aire sera minimum et « l'énergie potentielle » la plus petite. Autrement dit, les Abeilles de l'essaim s'efforcent de réduire le plus possible les tractions musculaires qu'imposent leurs positions réciproques. Je n'ai pas encore mesuré cette force de cohésion, mais je pense que ce ne doit pas être impossible.

Comme la goutte de liquide suspendue se déforme sous l'action de son propre poids, de même l'essaim accroché à un plan horizontal deviendra ovoïde pour retrouver un équilibre stable.

Afin d'expliquer le happement des liquides par les solides, les physiciens ont fait appel à la force de cohésion extrêmement grande des solides. Lorsque les groupes d'Abeilles s'attachent aux solides situés au-dessus d'eux, on peut sans doute admettre qu'il en est de même.

Enfin, la division d'un essaim en deux s'interprète bien lorsqu'on se souvient comment une figure instable retrouve son équilibre au moyen de scissions.

Éloignons un essaim soit d'un couvre-cadres, soit d'une ruche en paille sur lesquels il a construit un gâteau d'alvéoles de quelques centimètres. Dans des conditions normales, autour de ces quelques cellules, se trouvent

dispersées sur une surface proportionnelle à la taille de l'essaim et au volume de la ruche *un grand nombre de petites attaches de cire mesurant quelques millimètres* (Pl. phot. I, 2). Elles montrent que de nombreuses amorces de constructions ont lieu à l'intérieur de l'essaim, mais qu'une seule l'emporte sur toutes les autres. Ces ébauches sont plutôt informes. Lorsqu'elles commencent à présenter quelques rangées de cellules, leur plan d'orientation peut être différent de l'ébauche dont la construction est la plus avancée. De plus, la place de l'ébauche la plus avancée semble se situer où la traction de la pesanteur est maximum.

Le groupe d'Abeilles agit comme pour obtenir, sur les parois de la ruche, le maximum de contacts pour diminuer au maximum les tensions créées par son poids. On a ainsi $\frac{P}{S} < \frac{P}{S'}$ si P est égal au poids de l'essaim, S et S' les aires d'attache aux moments initiaux et terminaux, $S > S'$.

Mais, objectera-t-on, pourquoi ne s'installe-t-il pas au centre de la ruche en s'étalant ? Un étalement de l'essaim permettrait aussi de diminuer les forces de traction de son poids par unité de surface d'attache. On aurait encore $\frac{P}{S} < \frac{P}{S'}$.

La réponse à cette question va justement donner la solution au problème du début : *l'installation de l'essaim dans les trièdres supérieurs.*

L'essaim, comme la goutte, tend à maintenir en son sein une cohésion maximum qui donne la plus petite aire et par suite un minimum d'« énergie potentielle », ainsi que je l'ai précisé précédemment. En s'étalant au milieu de la face inférieure du couvre-cadres, il répartirait peut-être mieux la traction par unité de surface d'accrochage, mais il augmenterait son énergie de cohésion.

Quel est donc le lieu de la ruche qui satisfait à toutes les données du problème : minimum de surface et d'« énergie potentielle », maximum de cohésion et de contacts avec les parois ? *Bref, quelle est la position d'équilibre d'un essaim dans une ruche, position qui évidemment se plie à la géotaxie ?*

C'est le trièdre supérieur formé par le couvre-cadres et les deux parois normales. J'ai dit que l'essaim tendait à réaliser une sphère, or la géométrie nous apprend que c'est le trièdre qui assure le maximum de contacts avec ce volume.

Dans un coin de la ruche, l'essaim réalise donc la solution du problème qui lui était posé par sa « forme » et sa « physiologie » elles-mêmes. Dans la ruche, l'essaim tend à réaliser une position d'équilibre des forces qui le sollicitent. Elle pourra être atteinte de différentes manières, mais le résultat sera identique. On trouvera dans les lignes suivantes une confirmation de cette hypothèse.

D. — L'ESSAIM EST COMPOSÉ D'ORGANISMES VIVANTS.

A ce point de mon étude, je me garderai d'oublier que l'essaim se comporte aussi comme un « organisme vivant » dont les lois ne coïncident

pas toujours avec les lois physiques et mécaniques *simples*. Ce serait tomber ici dans la même ornière que BUFFON et quelques autres.

D'autres facteurs, en effet, interviennent dans l'installation de l'essaim : les chimiotaxie, tangotaxie... peuvent faire leur apparition. Bref, un rien suffit à rompre l'équilibre normal de l'essaim. Qu'un peu de sirop, de vieille cire, de couvain... soient introduits, il peut se déplacer vers eux.

Cependant, il tentera toujours de se conformer au mieux aux lois internes décrites plus haut et qu'illustrent les expériences de Sandler.

De plus, MEYER (1955) a très bien prouvé que « la grappe de l'essaim n'est pas un amas d'Abeilles sans ordre ». Elle présente une structure bien définie : il y a de nombreuses chaînes cilières ramifiées et entourées d'épaisses couches d'Abeilles constituant « une paroi élastique en relation en plusieurs points avec les chaînes intérieures ». Après une ou deux heures, dans cette enveloppe, MEYER a découvert la formation d'un « trou de vol » reconnaissable grâce au va-et-vient des Insectes. Cet auteur a cherché à connaître l'âge des Abeilles en différents points de l'essaim : celles qui se tiennent près du « trou de vol » et dans l'enveloppe extérieure ont plus de vingt et un jours. « Les Abeilles de l'enveloppe, ajoute MEYER, changent continuellement de place, au point qu'en l'espace de dix minutes les deux tiers des Insectes extérieurs se sont interchangés. »

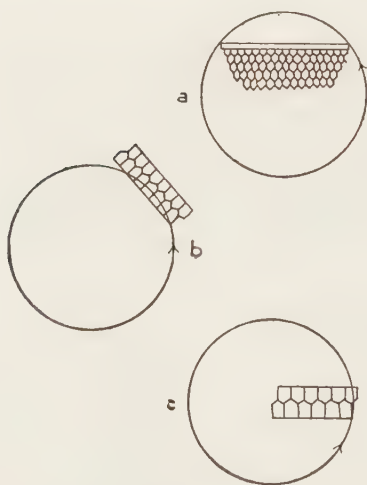


Fig. 6. — Expériences de GONTARSKI.

Diverses positions des rayons de cire et sens de rotation : le rayon en construction est horizontal en *a*, vertical dans la direction d'une corde du cercle de rotation en *b*, vertical dans la direction du rayon du même cercle en *c*.

II. — Influence de la forme de l'essaim sur la formation du premier rayon.

A. — ACTION DE LA PESANTEUR SUR LA FORME DES RAYONS : EXPÉRIENCE DE GONTARSKI.

Les travaux de GONTARSKI et ses observations démontrent encore le rôle des forces physiques et mécaniques.

Cet auteur avait prouvé en 1949 l'importance de la pesanteur dans la formation des édifices de cire. En soumettant plusieurs nuclei à des mouvements rotatifs, il a pu mettre en évidence l'intervention de ce facteur : un cadre vertical, couvert d'un petit essaim, soumis à la force centrifuge surpassant la force de l'attraction terrestre, donne une résultante oblique qui déporte loin de la verticale les Abeilles et leurs constructions. Si le cadre est placé dans le sens du rayon ayant pour centre l'axe de rotation, les édifices se déplacent avec les Abeilles dans le même sens vers l'extérieur ; si le cadre est disposé dans le sens d'une corde du cercle, le

rayon en construction débordera le plan du cadre vers l'extérieur. Enfin, GONTARSKI nous indique que *le sens gravimétrique des Abeilles est très subtil* puisqu'il perçoit, sur des rayons immobiles, une inclinaison de 20° et qu'il le corrige (fig. 6).

B. — EXISTENCE DE FORCES LATÉRALES.

Mais, sans faire agir la force centrifuge comme GONTARSKI, on découvre quelquefois que le rayon de cire en construction ne présente pas un axe de symétrie vertical. Il peut être oblique et se diriger vers l'une des parois de la ruche, comme si une traction s'était exercée par le côté au moment de la construction. Ce socle d'accrochage de la grappe cirière serait à la base de cette anomalie.

De plus, une coupe horizontale des rayons construits, parallèle au plan du couvre-cadres, nous montre souvent que le plan vertical des rayons n'est pas toujours droit mais courbe, comme si des tractions avaient existé dans des plans différents de celui du rayon en construction. Ces forces, ayant leur point d'application sur la cire, se dirigent vers les parois où se trouvent accrochées les Abeilles.

Bref, tout ceci nous indique bien que les rayons en construction dans une ruche sont le résultat d'un jeu de forces verticales et latérales.

C. — HYPOTHÈSES SUR LE DÉPART DU PREMIER RAYON.

J'ai déjà parlé de la place du premier rayon dans l'ensemble des petites attaches de cire sous le couvre-cadres et suggéré une hypothèse expliquant pourquoi une seule attache se développe alors que les autres avortent.

Il est possible de penser qu'à travers l'essaim installé dans la ruche des équipes de cirières se forment rapidement. Chacune commencerait à bâtir les premières assises des rayons, puis, petit à petit, après une « information » quelconque, l'une des équipes l'emporterait sur les autres. Cette hypothèse est confirmée par le fait que, très rapidement après l'installation des Insectes dans la ruche, *on peut observer de longues strates parallèles d'Abeilles* à l'intérieur de l'essaim.

Mais nous avons vu que la grappe d'Abeilles ne pouvait réaliser parfaitement sa « bonne forme », la sphère, que suspendue : malgré ses nombreuses attaches sur les parois, elle s'allonge toujours vers le bas. Par suite, il existe, sur le polygone d'accrochage, un endroit où la traction est maximum. Il est donc juste de penser que les Abeilles allaient, selon leur tendance maintes fois décrite, *tenter d'y réduire les forces de traction par unité de surface d'accrochage*. Elles résolvent le problème au moyen d'un rayon de cire. Le groupe, divisé en deux parties, doit ensuite trouver des solutions analogues de chaque côté du rayon initial, construire de nouveaux rayons parallèles au précédent, et ainsi de suite jusqu'au bout de la ruche. Remar-

quons bien qu'il s'agit là d'une solution *sui generis*, qui reste encore à analyser en tenant compte de facteurs psycho-physiologiques.

III. — Conclusions.

Il était facile de vérifier toutes ces hypothèses.

L'essaim forme une grappe compacte. Par des subterfuges, on peut le diviser en plusieurs parties, répartir régulièrement les forces de traction sur la base de l'essaim (adjacente au couvre-cadres). J'ai donc étudié la

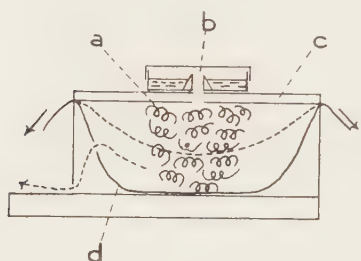


Fig. 7. — Expériences effectuées dans une hausse Dadant.

a, l'essaim d'Abeilles ; b, le nourrisseur ; c, le couvre-cadres ; d, le plateau de sol et la hausse ; e, la toile qui est tirée dans le sens des flèches (les pointillés indiquent la deuxième position de la toile dans la deuxième partie de l'expérience). Un trou est ménagé dans la toile.

répartition des points d'attache et la forme des rayons avec un même essaim dans un corps de ruche et dans une hausse Dadant (qui n'a que la moitié de la hauteur de la ruche). En raison de la faible hauteur de la hausse, l'essaim, toujours suspendu, s'est davantage étendu à la surface du couvre-cadres. En conséquence, les Abeilles, soutenant la grappe d'Insectes, déposent de la cire sur une plus grande surface. Le premier rayon se trouve déplacé vers le centre du plafond et entouré d'attaches plus importantes que d'habitude, *comme s'il n'avait prédominé que tardivement*. Enfin, progressivement, les attaches diminuent d'épaisseur vers la périphérie.

D'autre part : 1° le déplacement du secteur du premier rayon indique un changement de l'aire de traction maximum par suite de l'étalement de l'essaim qui devait rechercher une autre position d'équilibre (la moins mauvaise), suivant le principe général de LE CHATELIER : « Si un changement se produit dans un des facteurs qui déterminent une condition d'équilibre, l'équilibre se modifie d'une manière qui tend à annuler l'effet de ce changement » ; 2° les attaches se sont multipliées du fait de l'extension du polygone d'application des forces de traction de la grappe d'Insectes ; 3° les attaches sont plus épaisses et vont en diminuant à partir du premier rayon parce que la traction principale l'emporte moins sur les tractions voisines, ou mieux que les différences de poids d'une colonne d'Abeilles à une autre sont moins importantes.

Enfin, à bases et à essaims égaux, les rayons nés dans un corps Dadant sont plus allongés que ceux de la hausse. Ce fait s'explique pour les mêmes raisons : par suite du moindre étalement de la grappe d'Insectes dans le corps de ruche, la traction maximum, composée du poids de la cire et du poids des Abeilles, est beaucoup plus forte : le rayon en construction suit la forme de l'essaim. Je traiterai ce point en détail dans le chapitre suivant.

J'ai encore voulu réduire les dimensions de la hausse *Dadant* pour

augmenter la perturbation. Pour ce faire, j'y ai introduit une toile blanche percée d'un orifice antérieur afin que les Abeilles puissent entrer et sortir à leur guise. L'essaim se trouve entre la toile et le couvre-cadres. Après l'avoir nourri et installé pendant quelques jours, j'ai tiré les parties extérieures de la toile sur tous les côtés de la hausse afin de diviser l'essaim, sans interrompre totalement les communications entre les divers groupes ainsi constitués. A partir de ce moment, j'ai eu des constructions dans tous les sens, des départs multiples de rayons et des essais de raccord entre ces divers morceaux. L'essaim avait été découpé en plusieurs chaînes cirières indépendantes travaillant chacune de son côté avec ses lois physiques et mécaniques propres (fig. 7).

CHAPITRE IV

LE DÉVELOPPEMENT DE LA FORME DU RAYON

I. — Généralités.

Une fois le premier rayon commencé, il reste à observer son développement.

Comme je l'ai signalé dans l'historique de ce travail, les auteurs se sont surtout attachés à ce que MEYER (1950) appelle les « petits travaux de construction » (KLEINBAURBEITEN) : édification des parois des cellules déjà ébauchées, operculage, transport de la cire et de la propolis.

J'ai voulu de mon côté, je l'ai déjà dit, approfondir nos connaissances sur le travail de la grappe cirière, *sur le véritable travail social, dans lequel le rayon construit est le fruit de l'effort d'un groupe.*

La coloration des rayons. — Une des premières idées qui viennent immédiatement à l'esprit du chercheur est d'arriver à obtenir à volonté une coloration de la cire : *a)* soit indirectement en fournissant de la cire colorée ; *b)* soit directement en administrant aux Abeilles un sirop coloré de façon à pouvoir suivre le travail d'équipes particulières.

MEYER distribuait sa cire dans de petits récipients déposés à l'intérieur de la ruche. Les frères FOLLOPE fixaient de la cire colorée en plaques en haut des cadres : les Abeilles les étiraient et en formaient de beaux rayons colorés. J'ai d'ailleurs moi-même obtenu le même résultat en leur donnant un petit cylindre de cire de 2 cm de rayon sur 2 cm de haut.

Si la méthode *a)* est facile, la méthode *b)* n'a donné jusqu'ici aucun résultat positif : tous les pigments liposolubles mis en œuvre restèrent sans effet. En revanche, *j'ai pu obtenir une coloration brune des nouvelles cires dans des ruches nourries au sirop de sucre et de miel plus ou moins caramélisé.* J'ai réussi, ainsi, à faire construire des rayons de coloration brune croissant et décroissant à volonté.

Mais ce qui semblerait, à première vue, un moyen en tout point pratique ne se révèle pas tel en réalité. En effet, si la coloration des édifices se fait assez rapidement, *leur décoloration est extrêmement lente* ; il m'a fallu huit jours de nourrissage à l'eau sucrée pour que la cire nouvellement construite redevienne tout à fait blanche. Y a-t-il une sorte d'intoxication des Abeilles cirières ? Ou, simplement, une mise en réserve du sirop teinté et une utilisation au moment opportun ? Cela semble probable. En effet, en fin de saison de construction de la cire, il ne m'a plus été possible d'obtenir une coloration. Je me suis aperçu alors que le sirop extrê-

mement caramélisé avait été mis en réserve dans les cellules pour l'hiver et n'était plus employé par les cirières.

ORÖSI-PAL (1936-1957) est parvenu à colorer les cires par l'intermédiaire des glandes mandibulaires des Abeilles cirières, soit en distribuant aux Insectes un sirop de sucre mélangé à différents colorants, en particulier au sulfate de bleu de Nil, soit en injectant ces derniers à travers le thorax des ouvrières. Il a ainsi établi avec certitude l'usage habituel de la salive dans les constructions.

D'autres colorations naturelles des cires peuvent entrer en action, en particulier à proximité du pollen et du couvain. Je crois, cependant, qu'on pourrait allonger la liste, car j'ai trouvé quelquefois des rayons colorés en brun dès les premières assises. Peut-être s'agit-il aussi de vieille cire récupérée sur les rayons voisins ?

Je rapporte, pour terminer, une technique de coloration qui m'a servi beaucoup au cours de mes expériences. Elle est très simple puisqu'elle consiste à déposer sur la partie intéressante du rayon un filet de cire colorée. Durant les heures suivantes, les Abeilles n'enlèvent pas cette cire, mais l'étirent : un simple coup d'œil suffit pour se rendre compte du travail effectué. On peut aussi évaluer les déplacements d'un repère coloré en mesurant ses coordonnées par rapport au cadre.

LE DÉVELOPPEMENT DU RAYON NATUREL.

Étudions maintenant le développement du rayon depuis l'ébauche de cire jusqu'à une longueur de 30 cm environ.

Pour saisir toutes les phases de l'extension des bâtisses de cire à l'intérieur d'une ruche, j'extirpais, *toutes les demi-heures*, pendant un court moment, le morceau de bois qui servait de support. Je veillais à opérer le plus doucement possible et à ne créer aucune perturbation, en n'employant pas l'enfumoir. Mais, avec ces examens répétés, les grappes cirières avaient à peine le temps de se reformer et les bâtisseuses de se mettre au travail : la construction était arrêtée. Au contraire, en observant le support *toutes les heures*, j'assistais à un phénomène intéressant ; tantôt une ou deux ébauches se développaient lentement sur 1 ou 2 cm, *tandis que les autres, même importantes, diminuaient, rognées par les Abeilles ; tantôt une autre progressait au détriment des précédentes qui disparaissaient graduellement*. On pouvait voir heure par heure une fluctuation dans la construction : l'ébauche qui avait servi de stimulus pour le départ d'un premier rayon cédait sa place à un autre pour un second départ.

Le phénomène le plus surprenant est certainement celui de la *destruction* ou du *remaniement*. Cela indique-t-il dans une ruche, comme dans un organisme, l'interaction de deux forces antagonistes, l'une destructrice, l'autre constructrice, qui, sans cesse, s'affrontent ? Doit-on y voir simplement une récupération des matériaux et un transport sur d'autres lieux ? Des colorations expérimentales de la cire pourraient donner une réponse à ces questions. A la fin de ce chapitre, je signale à ce propos l'utilisation

de cire colorée par les Abeilles pour l'édification de nouvelles bâtisses situées à plusieurs dizaines de centimètres de la cire colorée. Est-ce le même phénomène ? Des apiculteurs ont signalé depuis longtemps la démolition par les Abeilles de très vieilles bâtisses de cire. A quels stimuli obéissent alors les Abeilles : odeur, goût, présence de corps étrangers (vieux cocons, pollens moisis, teignes...) ? Il est du moins certain que la présence d'un corps étranger comme du bois, du clinquant, du rhodoïd, amène une démolition partielle, puis une reconstruction à son voisinage, alors que celle d'une toile métallique (type garde-manger) conduit à une destruction totale et irréversible (Pl. phot. V, 3).

Le deuxième phénomène qu'il est bon de remarquer est *celui des déplacements des points de construction*. Il met en évidence d'une manière indubitable un des rôles de la grappe cirière entourant les bâtisseuses : *celui d'assurer la continuité de l'évolution du rayon*. Certes, les Abeilles de la grappe changent de place, la quittent même quelquefois après plusieurs heures d'inertie au même endroit, mais l'unité de la grappe cirière se maintient à travers le temps, car chaque Insecte qui s'en va est aussitôt remplacé par un autre.

Nous avons vu que, la plupart du temps, plusieurs petites ébauches servent de point de départ d'un rayon ; plusieurs d'entre elles se développent sur 10 mm en longueur et en largeur, mais, rapidement, l'une d'entre elles prend le dessus sur ses voisines et, seule, progresse. Ce phénomène est, semble-t-il, assez facilement explicable, car plusieurs petites grappes cirières se forment sur la barre d'appui et se mettent à construire ; peu à peu, l'une d'entre elles, probablement la plus grosse, absorbe les plus proches à la manière des gouttes d'eau ou des gouttes de mercure sur une surface cirée. Notons que les travaux de LECOMTE (1954) sur l'attraction des Abeilles nous ont montré l'existence de facteurs psychophysiologiques dans leur rapprochement. En revanche, si deux rayons voisins ne peuvent croître ensemble (un l'emporte sur l'autre), deux autres, plus éloignés, aux deux extrémités du support, peuvent se développer. Dans ce cas, les grappes cirières n'ont pu se souder.

Au cours du développement du rayon, la grappe, composée au début de quelques dizaines d'Abeilles, s'accroît lentement. Elle a une forme ovoïde. Les Abeilles sont imbriquées par leurs pattes les unes dans les autres : les pattes antérieures servent généralement à s'accrocher aux Abeilles supérieures, les moyennes aux latérales, les postérieures aux inférieures. Les Abeilles de la base de la grappe utilisent leurs pattes antérieures et même les moyennes pour attacher le groupe des Insectes à la barre transversale du cadre. Une Abeille, dont les deux dernières paires de pattes sont libres, ne cesse de les agiter tant qu'elle n'a pas accroché une de ses compagnes ou un obstacle quelconque. *Enfin, on peut voir le corps des Abeilles du haut démesurément allongé*, supportant le poids d'un grand nombre de congénères (Pl. phot. VII et VIII).

Enfin, par des colorations journalières de rayons normaux en construction, j'ai constaté les faits suivants : 1° le développement s'effectue sur

le pourtour entier du rayon ; 2° l'accroissement n'est pas égal partout : il peut être plus rapide au sommet que sur les côtés et inversement, ou bien certaines parties peuvent quelquefois progresser plus rapidement (*j'appelle désormais « sommet du rayon » la partie du rayon opposée au haut du cadre : la « base du rayon » est adjacente à ce dernier*) ; 3° l'évolution est tout de même à peu près symétrique par rapport à un axe vertical (Fig. 8 ; Pl. phot. II, 1). Cependant, il faut signaler une inhibition progressive de la construction à l'approche d'une paroi verticale ou horizontale, ou, au contraire, une accélération du côté le plus rapproché d'un rayon de cire construit ou en construction. Cette inhibition ou cette accélération sont encore des phénomènes importants qui semblent indiquer que *les Abeilles sont « informées » de la présence d'un obstacle*. De plus, *cette information semble pouvoir donner des renseignements sur les substances rencontrées (bois, cire)*. HUBER a obtenu aussi des rayons plus ou moins courbes en interposant des plaques de verre à quelques centimètres de leurs tranches ; Les Abeilles donnaient aux rayons des formes bizarres pour arriver à les fixer à des parois de bois.

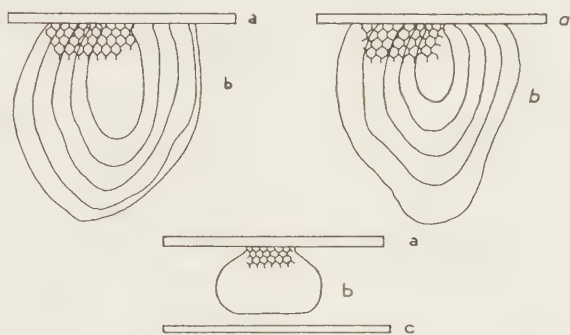


Fig. 8. — Développement d'un rayon normal (b) observé au moyen de colorations journalières au bleu de méthylène : l'aire comprise entre deux lignes correspond au travail de vingt-quatre heures.

a, barre transversale du haut d'un cadre Dadant ; c, barre de bois horizontale fixée à quelques centimètres sous le rayon en construction afin d'observer les déformations des nouvelles bâtisses.

Les positions des cellules dans les rayons. —

Y a-t-il un déplacement des cellules au cours de la construction du rayon ? Ou encore les coordonnées d'un point particulier d'une cellule varient-elles ? Il est facile de répondre à cette question en colorant trois cellules, une sur chaque côté et une au milieu. Il suffit ensuite de mesurer chaque jour les distances horizontales et verticales d'un dièdre bien déterminé sur chaque cellule. Le tableau suivant résume les résultats :

I		II		III	
ABS.	ORD.	ABS.	ORD.	ABS.	ORD.
187,5 mm	77,5	164	66,5	175	78,5
188,3 mm	76	165	64,5	176	76,5
189,5 mm	71	166	64,5	177	72

Voici donc deux déplacements : l'un vertical, qui peut aller jusqu'à 6 mm, et l'autre horizontal, à 2 mm. Ces déplacements apparents s'expliquent par l'élongation des parois des cellules. Le déplacement vertical est un fait général et a pour cause l'inclinaison de toutes les cellules dont les orifices sont à un niveau plus élevé que les fonds. Pour expliquer le déplacement horizontal, il serait peut-être nécessaire de faire appel à des tractions latérales par des chaînes d'Abeilles fixées à l'un des montants du cadre ?

Les régénérations dans un rayon naturel. — Un autre problème est celui de la régénération de différentes brèches effectuées au cours de la construction d'un rayon.

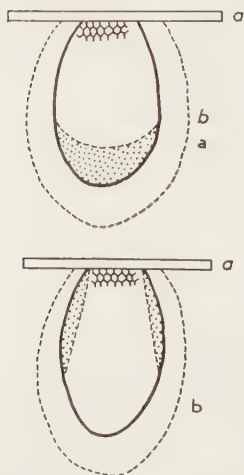


Fig. 9. — Régénérations de rayons (lignes formées de petits traits), dont une partie a été détruite (en pointillés).

J'ai d'abord sectionné en arc le sommet d'un rayon en pleine évolution et j'en ai coloré les bords. Le lendemain, le rayon est normal : les Abeilles travaillent beaucoup plus rapidement au-dessous de l'endroit sectionné, tandis que le reste avance plus lentement (fig. 9).

J'ai ensuite coupé obliquement sur chaque côté et à la base du rayon une large ébauche de cire. Comme précédemment, le rayon redevient régulier : au cours du développement progressif de la base, les brèches sont rapidement régénérées et leurs limites dépassées (fig. 9, Pl. phot. II, 2).

Cette régénération, on le voit, pose d'importants problèmes. D'où vient ce sens de la forme du rayon ? Pourquoi les bâtisseuses se succèdent-elles et construisent-elles plus rapidement au niveau des brèches ? Comment les ouvrières sont-elles informées de la nécessité d'une activité accrue ? Seule une intervention du groupe social permet de rendre compte de ces actes : c'est certainement celle de la grappe cirière. Enfin, ces faits nous confirment

la finesse d'une information circulant parmi tous ces Insectes.

II. — Le développement du rayon vu en coupe.

Une observation superficielle pourrait encore nous faire croire que les bases des rayons se trouvent dans un plan vertical quasi régulier. Mais faisons des coupes à leur base. Nous découvrons qu'il n'en est rien la plupart du temps : les plans peuvent être courbes ou brisés.

Nous avons vu qu'il y a de nombreuses attaches sur le couvre-cadres et une prédominance d'un point sur les autres. Mais rapidement d'autres attaches servent de départ à de nouveaux rayons : certaines se trouvent à gauche et à droite du premier, et d'autres dans son prolongement plus ou moins direct. Des groupes d'ouvrières se fixent sur elles et travaillent

apparemment d'une manière indépendante du groupe principal. Au bout de quelques heures, elles le rencontrent, fusionnent et forment *un seul édifice principal qui est ainsi constitué de pièces et de morceaux*. Dans ces conditions, on le comprend, les plans des constructions ne peuvent être réguliers. Les retouches que je signalerai cacheront ces irrégularités et feront passer les Abeilles pour « d'habiles géomètres ».

Ces explications fournissent, en outre, les raisons des bâtisses aberrantes dans les ruches où le parallélisme semble, par ailleurs, si respecté.

III. — Le développement du rayon vu de face.

A. — GÉNÉRALITÉS.

Vue de face, dans sa forme normale, je dirais idéale, l'ébauche du rayon possède une forme ellipsoïdale caractéristique et signalée par tous les auteurs qui se sont penchés sur le problème de la construction cirière : un groupe d'Abeilles peut même rogner des languettes de cire gaufrée rectangulaires pour tenter d'obtenir cette forme au départ.

J'ai déjà signalé que ces ellipses

peuvent être plus ou moins allongées proportionnellement au poids de l'essaim et à la hauteur des ruches : ellipses plus longues avec des essaims plus lourds et des ruches plus hautes, et inversement.

J'ai parlé aussi des formes aberrantes prises par les rayons : naturellement vu de face, le rayon pourra ne plus posséder d'axe de symétrie ; nous avons vu GONTARSKI obtenir cette asymétrie par divers artifices.

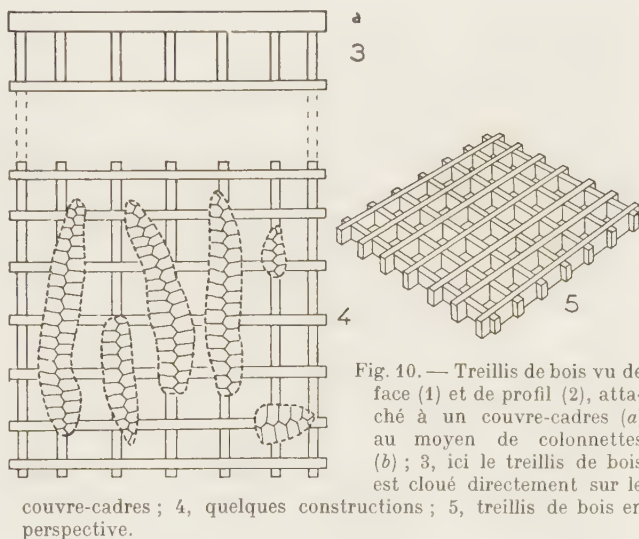
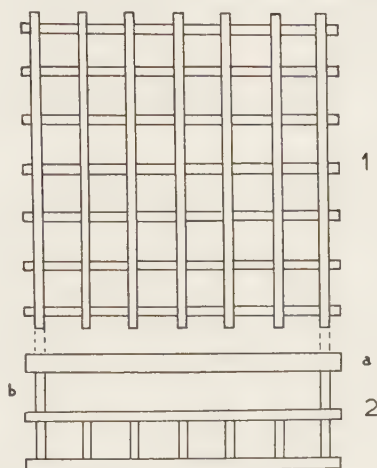


Fig. 10. — Treillis de bois vu de face (1) et de profil (2), attaché à un couvre-cadres (a) au moyen de colonnettes (b) ; 3, ici le treillis de bois est cloué directement sur le

couvre-cadres ; 4, quelques constructions ; 5, treillis de bois en perspective.

Moi-même, en suspendant un treillis de bois composé de parallélépipèdes de $4 \times 4 \times 4$ cm à 5 cm du couvre-cadres d'une hausse, j'ai obtenu un certain nombre de rayons disparates, affectant la forme de bandes plus ou moins tordues. Un rayon attaché au couvre-cadres se subdivise en deux ou trois pour passer à travers les mailles du treillis de bois, puis ces ramifications se réunissent parfois entre elles ou bien à celles d'un rayon voisin. Ce phénomène se produit naturellement lorsqu'un essaim sauvage s'installe dans les branches d'un arbre (Pl. 10 ; Pl. phot. I, 1).

B. — HYPOTHÈSE PHYSIQUE SUR LA FORME DU RAYON.

En raison des hypothèses physiques et mécaniques de l'installation de l'essaim dans une ruche, j'ai pensé pouvoir appliquer des idées analogues pour expliquer la forme ellipsoïdale des rayons. Il me semble, en effet, que celle-ci vient, en quelque sorte, matérialiser celle de la grappe cirière. Mon collègue GOILLOT m'a suggéré de la *comparer à une goutte pendante d'un liquide visqueux*.

C. — LA FORME ELLIPSOÏDALE.

L'analogie m'a semblé immédiatement séduisante à cause de la similitude entre la forme d'une goutte et celle d'un rayon, entre le développement d'une goutte et celui d'un rayon.

La forme ellipsoïdale. — Nous savons que la forme d'une goutte pendante dépend de son poids spécifique, de sa tension superficielle, de sa viscosité et de son point d'attache. Je ne parle pas de la fréquence de sa chute ; je suppose, en effet, comme dans les expériences de TATE, que la tension superficielle équilibre si bien la pesanteur que les gouttes ne tombent que très lentement, si ce n'est pas du tout.

Il est évident que la forme de la goutte sera plus allongée si son poids spécifique et sa viscosité augmentent, si sa tension superficielle et son point d'attache diminuent.

De même, nous l'avons vu, la forme des rayons peut être plus allongée suivant les conditions de l'expérience : poids d'Abeilles plus grand, ruche plus haute. Pour poursuivre l'analogie, il faudrait penser que la grappe d'Abeilles constructrices, comparable à une goutte pendante, acquiert une forme qui varie avec le poids des Insectes, le poids de la cire et la force de cohésion qui existe entre les Insectes et la cire. Une simple analyse des forces qui s'exercent sur ce système permet d'accepter l'analogie ; les deux premières forces sont normales à la surface, l'autre y est tangente, comme la tension superficielle. La force de cohésion reste la même et s'oppose à tous instants au poids de la grappe cirière.

J'ai encore remarqué que la *température*, qui agit sur la viscosité des

liquides, possède une action certaine sur la forme des rayons, qui est beaucoup plus allongée lorsque la chaleur extérieure est élevée.

La ligne de striction. — Mais augmentons d'une façon ou d'une autre le poids de la goutte de liquide visqueux : une gorge va se former, plus ou moins allongée suivant les facteurs énumérés plus haut. A la limite, la goutte se séparera du reste du liquide dans un plan contenant la ligne de striction, au moment où son poids l'emportera sur les forces de tension superficielle (fig. 11).

Regardons à nouveau de face le rayon de cire. Il présente aussi cette gorge et cette ligne de striction. La gorge sera plus ou moins allongée, la ligne de striction plus ou moins basse suivant le poids des Abeilles, leur force de cohésion. D'autre part, la forme des premiers rayons d'une même ruche présente ces mêmes caractéristiques (fig. 11).

En principe, le rayon ne se coupe pas à la ligne de striction par le fait que les Abeilles, organismes vivants, compensent le poids grandissant du groupe par une autre répartition des points d'attache. La base du rayon augmente et la ligne de striction remonte lentement pour atteindre, enfin, les cellules de la base (fig. 16, n° 1).

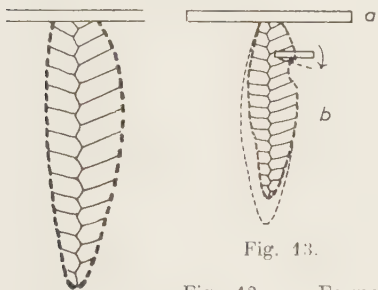


Fig. 12.

Fig. 12. — Forme d'un rayon vu de

profil avec son bombement caractéristique.

Fig. 13. — Une plaquette de bois insérée à la base d'un rayon perpendiculairement au plan des orifices des cellules se déplace verticalement de haut en bas sous l'action du poids de la grappe qui s'y trouve suspendue.

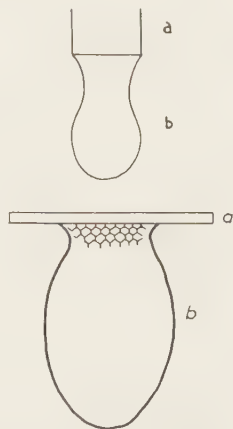


Fig. 11. — La forme d'une goutte pendante et la forme d'un rayon normal.

Il m'est arrivé cependant, d'une part, de trouver de belles ébauches de rayons en construction gisant sur le fond de la ruche au moment des fortes chaleurs, d'autre part de voir dans les nuclei vitrés des amas d'Abeilles choir brusquement. J'assistais, semble-t-il, à des échecs dans la régulation d'équilibre au sein de la grappe cirière.

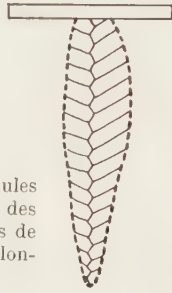
Nouvelles expériences. — 1° Pour mettre mieux en évidence les forces de traction exercées par le groupe d'Abeilles au travail, j'ai fixé solidement avec de la cire, à la face bombée d'un rayon, une plaquette horizontale en bois, épousant sa forme : sa largeur était environ 10 mm aux extrémités et 5 mm au centre (fig. 12 et 13).

Le lendemain, après avoir constaté un travail de la cire, dont je parlerai, j'ai retrouvé ma plaquette fortement inclinée vers le bas de la ruche : le poids des Abeilles appuyé sur elle avait été tel qu'il l'avait déplacée (fig. 13).

Il n'est donc pas étonnant de trouver dans un rayon normal, au-dessus de la ligne de striction, soit des cellules dont les parois verticales sont plus



Fig. 14. — La forme des cellules d'un rayon. L'ouverture des angles latéraux des cellules de la figure de gauche a été volontairement exagérée.



allongées, soit des cellules dont les angles latéraux sont plus obtus qu'à l'accoutumée. En effet, les forces de traction dirigées vers le bas amènent des déformations dans la partie supérieure à la manière d'un poids étirant le caoutchouc qui le soutient. Les Insectes sont d'ailleurs sans cesse occupés à renforcer les parois des cellules de la base du rayon (fig. 14).

2° Si je fixe mes plaquettes de bois près de la barre transversale du haut du cadre au cours de son extension, le rayon ressemble à une large feuille soutenue par un pétiole étroit : il ne se développe que tardivement entre ces deux morceaux de bois (la barre et la plaquette). J'ai ensuite fixé la planchette à quelques centimètres du sommet du rayon : les Abeilles en développent la base jusqu'au moment où elles peuvent recommencer à le construire, aux extrémités de la baguette, en direction du sol (fig. 15 ; Pl. phot. II, 3 et III, 1).

Si l'on tient compte que la réaction de l'Abeille à la pesanteur et aux forces de traction est une réponse sui generis et qu'il reste à expliquer comment leur action peut induire une construction, les dernières expériences ajoutées aux précédentes nous démontrent le rôle important que joue la grappe cirière dans le développement des rayons.

Les Abeilles cirières dépendent à tout instant du groupe au cours de leur travail : c'est lui qui « impose » la place du dépôt de la cire, c'est lui qui coordonne les efforts de toutes. *Mais, immédiatement, on voit surgir un autre problème, celui de « l'information » dans la grappe cirière.* Nous en reparlerons plus loin.

Une loi du travail de la grappe cirière. — Les groupes d'Abeilles s'accrochent de façon à former les ensembles les plus compacts et les plus importants : lorsque la planchette horizontale est à la base du rayon, ils s'y suspendent largement ; lorsqu'elle est au sommet, ils s'agrippent au cadre. *En conséquence, ces groupes nombreux semblent exiger ou préférer simplement l'espace d'accrochage maximum.*

1° J'ai mis ce phénomène en évidence d'une autre manière. Sur un cadre de cire gaufrée, dans un corps de ruche *Dadant*, j'ai collé des colonnes de petites baguettes horizontales à des distances bien définies : sur la

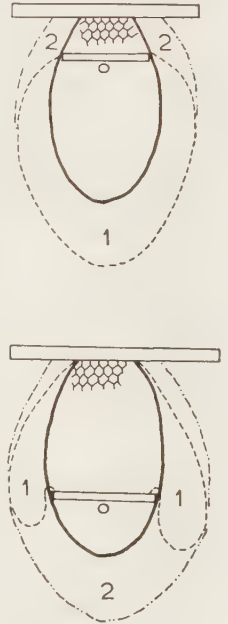


Fig. 15.

1 et 2, les phases de la construction après insertion d'un obstacle (o) à la base ou au sommet du rayon.

première, elles se trouvaient à 2 cm, sur une autre à 3 cm, et sur la dernière à 4 cm. Il restait toujours un espace-témoin largement libre. Les groupes d'Abeilles cirières pouvaient plus ou moins s'étendre suivant les colonnes choisies. Or, dans tous les cas observés, la quantité des constructions et le choix des zones d'accrochage ont toujours été proportionnels à la distance des baguettes : plus l'espace était grand, plus les Abeilles s'y installaient facilement et y construisaient. *Elles ne s'intéressaient aux petits espaces qu'en dernier lieu* (fig. 16, n° 8).

2° En remplaçant les baguettes par de petits cubes de bois de 1 cm de côté environ, déposés en colonnes ou en quinconce (fig. 16, n° 9 et 10; Pl. phot. III, 3), les Abeilles établirent leurs premiers édifices dans les emplacements les plus vastes : entre les colonnes, dans les quinconces, à des endroits où des petits cubes étaient

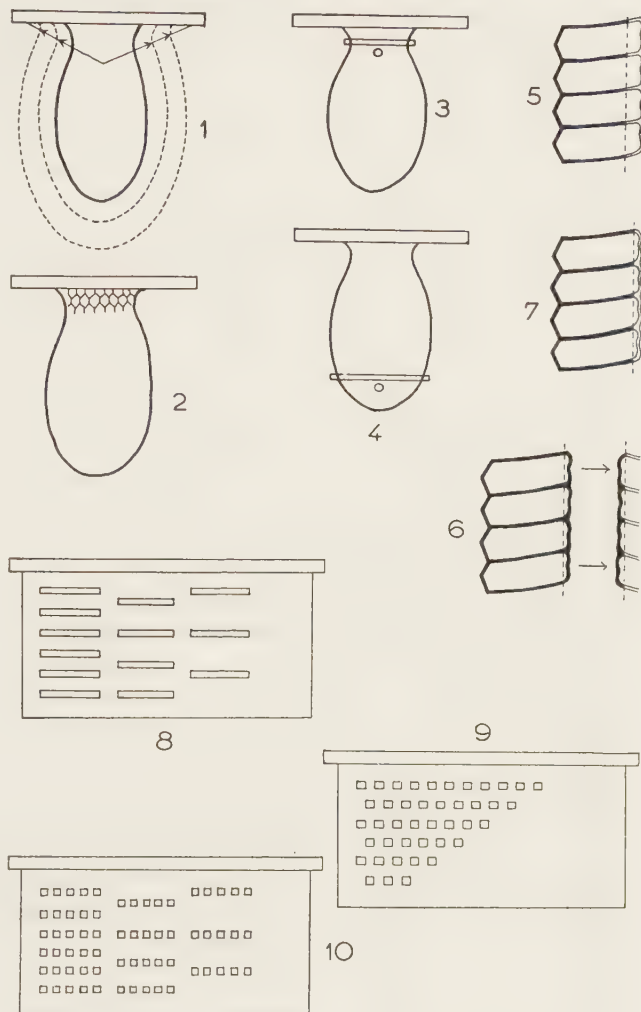


Fig. 16.

1, au cours du développement d'un rayon normal (en pointillés), l'étranglement remonte vers le haut de la cire (sens des flèches); 2, étranglement à la base d'un rayon normal; 3 et 4, dans de nombreuses expériences, on insère des plaquettes de bois horizontales dépassant le bord des rayons et le plan des orifices des cellules (o) soit à la base, soit au sommet des rayons; 5, 6 et 7, expériences des frères FOLLOPE : le trait plein correspond à la cire gauffrée colorée et étirée, le double trait à la cire nouvelle apportée par les Abeilles; 5 et 7, la plaque de cire colorée (faible épaisseur) et apportée par l'expérimentateur est insuffisante pour terminer totalement les cellules; 6, la plaque de cire colorée (épaisse) sert non seulement à édifier les cellules d'un rayon, mais aussi à operculer un rayon voisin; 8, 9 et 10, des barres ou des cubes de bois sont collés sur des plaques de cire gauffrée.

entre les colonnes, dans les quinconces, à des endroits où des petits cubes étaient

tombés. *Les groupes d'Abeilles recherchent donc bien le maximum de cire libre.*

Dans le phénomène analysé plus haut, les baguettes, placées sur le renflement des rayons ou près du faite du cadre, servent de nouveaux points d'application des forces du poids des Abeilles.

Analyse complémentaire. — Certaines des expériences précédentes méritent d'être discutées à fond. En effet, si les points d'application des forces sont changés, après la pose des baguettes au sommet ou à la base des rayons, ils peuvent de nouveau revenir à leurs positions anciennes lorsque le rayon a été suffisamment développé dans certaines directions.

Prenons, par exemple, le cas de la plaquette de bois placée sur la face bombée du rayon : les points d'application du poids du groupe d'Abeilles cirières portent sur la plaquette ; la construction s'arrête au-dessus d'elle, et se développe au-dessous ; bientôt, la grappe devra élargir la base du rayon pour éviter la chute ; la planchette n'étant pas assez large, le groupe des cirières reporte les points d'application de son poids sur le haut du cadre ; les édifices construits entre la planchette et le haut du cadre se développent à nouveau, et le rayon prend à peu près la forme qu'il aurait dû avoir si l'équilibre des Abeilles n'avait pas été perturbé (fig. 16, n° 3).

Étudions également le cas où la plaquette est fixée au sommet du rayon. Les Abeilles trouvent toujours un espace suffisant pour s'étendre, horizontalement, dans la partie supérieure du cadre. Mais, gênées par la rencontre d'un obstacle dans la partie inférieure, elles vont déborder de part

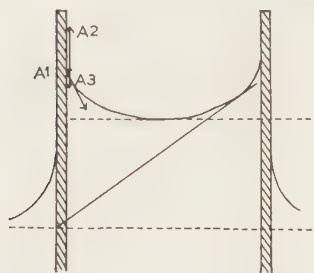


Fig. 17. — Niveau d'un liquide mouillant deux lamelles de verre (hachures).

A₁, correspond à la tension superficielle, « liquide-parois » ;
A₂, à la tension « liquide-parois » ;
A₃, à la tension « liquide ».

et d'autre des côtés de la planchette, constituant ainsi des protubérances. Quand le groupe des Insectes se sera suffisamment étendu en ces divers points, le travail reprendra au sommet initial du rayon, lui permettant ainsi de faire bloc avec les protubérances et de redonner au rayon sa forme presque normale (fig. 16, n° 4).

D. — LA CONSTRUCTION A L'ENVERS.

Expériences personnelles. — L'expérience est simple : il s'agit de découper 10 cm d'un rayon, à sa base, dans un cadre de 10 cm de large et de 25 cm de haut. Observons les étapes de la nouvelle construction.

Au-dessus de la partie découpée, des édifices de cire commencent à être bâtis le long des montants verticaux du cadre, puis, semble-t-il, le rayon se développe de façon à maintenir constant l'angle de raccord à ceux-ci.

Dans ce cas également, la comparaison avec des phénomènes de capillarité est très intéressante et m'incite à suivre la méthode d'explications que j'ai utilisée jusqu'ici. En effet, le groupe d'Abeilles cirières construit un rayon qui, à la base, ressemble à la forme prise par la veine liquide

mouillant les parois d'un tube capillaire ou les parois de deux lames faiblement écartées. Le groupe se comporte, lui aussi, comme s'il était soumis à trois forces concourantes A' , A'' et A''' ; A' et A'' seraient des forces opposées provenant de la « tension superficielle » du bois et de celle du bois couvert d'Abeilles, A''' celle de la « tension superficielle » des Abeilles. On voit qu'ici $A'' > A'$ parce que les Abeilles ont tendance à remonter le long des parois (fig. 17).

Le rayon matérialise toujours le jeu des forces à l'intérieur de l'essaim.

Les expériences de Huber. — A partir de l'idée que le groupe d'Insectes entourant les Abeilles au travail ne servait qu'à dissimuler les ouvrières, HUBER a fait construire des rayons à l'envers, de bas en haut. Il pensait ainsi voir plus aisément la construction des alvéoles. J'ai également obtenu plusieurs fois ce phénomène dans mes boîtes d'élevage, principalement lorsque les Abeilles se trouvaient réduites au « nombre-limite », ou encore lorsque la reine, pour une raison inconnue, se maintenait constamment sur le sol de la boîte.

D'après le croquis que HUBER nous a laissé, les rayons, vus de face, forment un dôme ; les parois des cellules, vues de profil, sont horizontales.

Une goutte de liquide, sur une surface qu'elle mouille légèrement, a tendance à devenir sphérique sous l'action de la tension superficielle et s'écrase sous le poids des molécules, ainsi les Abeilles tendent à se mettre en boule, mais s'écrasent sous leur poids. Cependant, petit à petit, par l'édification d'une arête centrale de cire, l'essaim arrivera de plus en plus à se grouper. Là, encore, l'essaim imprimera sa forme au rayon, résultant des forces qui jouent en lui, son propre poids et sa cohésion.

Un autre cas de construction à l'envers. — La construction à l'envers d'un rayon ne se fait pas toujours de la même manière. Je l'ai constaté plusieurs fois : elle peut se compliquer d'autres phénomènes qui s'expliquent plus ou moins facilement.

A l'intérieur d'une brèche pratiquée dans le haut d'un rayon et sur toute sa longueur, j'ai tendu un fragment de toile métallique de façon qu'il se trouve à environ 2 cm de la lèvre du rayon coupé : les Abeilles non seulement opèrent comme précédemment, mais encore édifient des cellules au centre de la base du rayon. Elles le fixent enfin à la toile (fig. 18). La forme du rayon construit rappelle celles des pelotons d'Abeilles s'accrochant à des objets situés au-dessus d'eux. Ici, le grillage a servi de point de fixation au groupe d'Insectes, fixé également sur le rayon construit. Ainsi les nouveaux édifices ont matérialisé encore les forces de traction qui ont joué à l'intérieur de l'ensemble : forces verticales opposées et forces

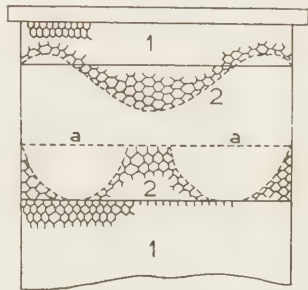


Fig. 18. — Constructions à l'envers (de bas en haut).

1, rayon construit primitif avant la formation de la brèche ;
2, les nouvelles bâtisses de cire ;
a, écran métallique à fines mailles.

tangentielles (poids des Abeilles et de la cire), forces de cohésion entre Abeilles, entre Abeilles et bois, entre Abeilles et cire.

IV. — Le développement du rayon vu de profil.

Vu de profil, le rayon en construction, en principe, est symétrique par rapport à un axe vertical, mais, en fait, il n'est tel que rarement. Il présente souvent des bombements situés en général vers la base du rayon. Ces renflements, dans une même ruche, sont fréquemment à égale distance à partir du couvre-cadres et formés sur le côté opposé du dernier rayon en construction. Le premier rayon possède aussi des bombements,



Fig. 19. — Une coupe a été opérée dans les rayons parallèlement au couvre-cadres. Les rayons possèdent un bombement situé près de la base.

si bien qu'au centre de la ruche, sans cadre, les deux premiers rayons ont, l'un en face de l'autre, deux plans à peu près parallèles. Par la suite, un bombement apparaît sur les faces planes de tous les rayons de la ruche, servant de réserves à miel. A la fin, les cellules supérieures peuvent mesurer jusqu'à 25 mm de profondeur et les autres 20 mm. Je dis bien « jusqu'à », car il y a d'assez grandes variations dans les épaisseurs des rayons et dans leur écartement, dit « standard ». Seuls, les

rayons à couvain sont moins sujets aux grandes variations (fig. 19 et 20).

Par plusieurs expériences, j'ai tenté de fournir une explication à ce phénomène. Ainsi, au milieu d'une ruche très peuplée, j'ai placé un cadre supportant une attache ellipsoïdale de cire provenant d'une ruche voisine ; les Abeilles cirières l'ont développée et, même, en ont édifié d'autres dans le même plan à quelques centimètres de là. En même temps, suivant un processus que j'exposerai plus loin, les Abeilles ont allongé les parois des cellules à provision du rayon opposé, au point de réaliser des courbures assez importantes. Les petits rayons en construction en ont épousé la forme par une courbure parallèle. Le premier rayon, le plus grand, a gardé son bombement dans le même sens (fig. 20).

J'ai retiré les nouveaux rayons et j'ai retourné le cadre (la face à gauche devient face droite). La dissymétrie change de sens sur la paroi voisine, *me démontrant ainsi l'action de la face la plus proche sur la construction du rayon voisin*. D'ores et déjà, on peut dire que la forme de la paroi voisine (bois ou cire) modèle le rayon en construction : les bombements des rayons expliquent les courbures du rayon opposé ; en revanche, l'absence de rayon

sur un côté justifie les bombements, car rien ne gêne le développement des parois des cellules (fig. 20).

Mais comment expliquer le bombement du premier rayon ? En effet, puisqu'il est seul, il ne peut épouser la forme d'un rayon voisin et doit posséder un plan de symétrie. J'expliquerai ce fait par un retard de construction dans l'une des ébauches voisines. Les Abeilles au travail sur le rayon initial allongent davantage les cellules du côté du rayon retardataire, car elles ne trouvent pas en face d'elles l'obstacle d'une grappe d'Insectes solidement fixée par une arête de cire. Enfin, les cellules du côté

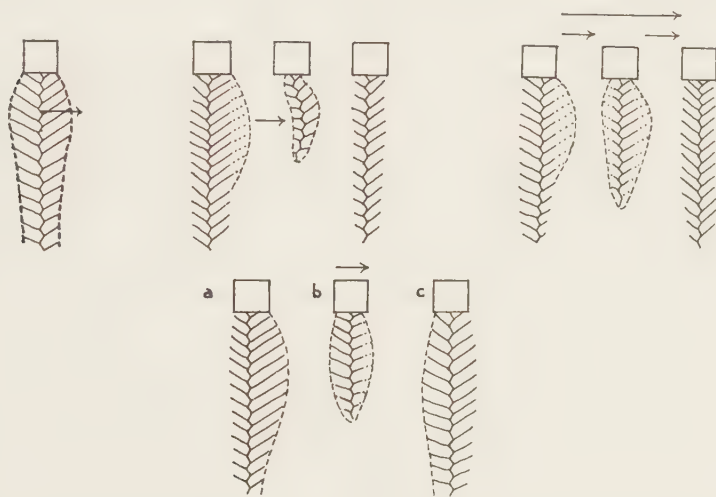


Fig. 20. — De gauche à droite et de haut en bas. Le premier rayon, vu de profil, est terminé : les alvéoles situés dans la zone des bombements seront remplis de miel. On voit ensuite que les nouvelles ébauches de cire peuvent épouser la forme du bombement du rayon voisin. Les deux dernières figures nous représentent les expériences décrites dans le texte.

bombé sont beaucoup plus allongées que celles qui se trouvent sur l'autre côté.

Je crois que l'hypothèse que je viens de fournir ne rend compte que d'une partie des phénomènes de bombement. En effet, le renflement ne se déplace pas vers le bas de la ruche à la vitesse du développement du rayon voisin, au contraire *il se maintient vers la base du rayon*.

En reprenant notre analogie entre les liquides et les groupes d'Abeilles, nous comprendrons mieux le phénomène. Si la cire en construction tend à matérialiser dans un plan le jeu des forces qui agissent dans la grappe cirière, il est normal de penser qu'il doit en être de même dans un plan perpendiculaire au premier. C'est ce qui se produit sur les gouttes de liquide, c'est ce qui se réalise sur un côté du rayon légèrement au-dessous de sa base.

V. — Annexe : « Les petits travaux » de la ruche (Meyer).

Sans en avoir fait un examen systématique, je suis à même d'apporter des confirmations et des compléments à l'intéressant travail de MEYER.

Je n'ai d'abord pas employé la même technique puisque je me suis servi du nucleus à rayons perpendiculaires aux vitres d'observation. Par ce moyen, j'ai pu facilement constater la présence d'Abeilles travaillant d'une manière indépendante de la grappe constructrice. Le perfectionnement des cellules, la formation des opercules étaient très visibles puisqu'ils s'effectuaient contre la vitre (Pl. phot. VIII, 2).

De plus, en 1950, au moment où je cherchais une technique d'étude, j'ai disposé de plusieurs amorces roses de rayons aux cellules bien formées, dont la cire provenait, sans aucun doute, de plaques de cire colorées par du rouge neutre et disposées sur le même cadre à plus de 10 cm de distance. *Les Abeilles cirières peuvent donc employer dans leurs constructions sociales de la cire provenant d'une source quelconque, au moins à l'intérieur de la ruche.* MEYER ne signale que de petites constructions avec de la cire apportée par l'opérateur.

Enfin, les frères FOLLOPE nous donnent encore l'exemple d'un déplacement de cire colorée lorsqu'ils décrivent l'étirage de cires gaufrées de différentes épaisseurs. En effet, lorsque les Abeilles ont à travailler sur des plaques de cire gaufrée, elles les grattent avec leurs mandibules de façon à obtenir des cloisons extrêmement minces : la cire récupérée sert alors à édifier les parois. Mais, *si la plaque offerte aux Abeilles est mince*, la cire étirée ne suffit pas à former des cellules entières : les Insectes font donc des apports de nouvelle cire sécrétée par leur organisme. Si la plaque est d'épaisseur moyenne, les Abeilles n'ajoutent leur propre cire qu'au moment de la formation des opercules. En revanche, si la plaque de cire gaufrée est épaisse, la cire colorée sert non seulement à terminer les cellules entières, mais aussi à compléter celles qui se trouvent en face sur les rayons voisins (fig. 16, nos 5, 6 et 7).

CHAPITRE V

CARACTÉRISTIQUES DE LA RÉGULATION DANS LA FORMATION DU RAYON

Les expériences qui permettent d'obtenir des rayons de formes bizarres par l'adjonction d'un petit obstacle (bois, cire, plaque métallique, grillage) valent une étude plus détaillée afin de déterminer au mieux les caractéristiques de l'information qui circule au travers de la grappe cilière.

Ces expériences peuvent être divisées en quatre catégories : 1° celles où j'insère des obstacles *sur une face du rayon* ; 2° celles où ces mêmes obstacles sont à 10 mm *au-dessus du plan des orifices* des cellules ; 3° celles dans lesquelles un grillage à fines mailles est appliqué sur le rayon ou au-dessus de lui ; 4° celles où je fixe des écrans dans les tranches des rayons.

I. — Insertion d'obstacles sur une face du rayon.

Comme nous l'avons vu, la simple présence d'une plaquette de bois fixée vers le sommet d'un rayon, transversale et horizontale, dépassant de 5 mm la hauteur du bord des cellules et débordant les côtés de quelques millimètres, suffit à amener des perturbations. J'ai distingué arbitrairement *trois phases dans leur évolution* : la première comprend la formation des protubérances, plus ou moins égales ; la deuxième, la descente des protubérances le long du sommet et le développement de ce dernier ; la troisième, la soudure de l'ensemble (fig. 21, 5 ; Pl. phot. III, 4).

Parmi les facteurs agissant sur les perturbations, considérons la matière de la plaquette, sa position transversale ou horizontale, le fait, enfin, que l'obstacle dépasse et déborde le rayon. Si la plaquette de bois est recouverte de cire, si l'obstacle est d'une autre nature (rhodoïd, fer), les résultats sont les mêmes (fig. 21, 10). De plus, des petites plaquettes horizontales, fixées uniquement sur les bords du rayon, induisent des modifications semblables (fig. 21, 6 ; Pl. phot. III, 1). En revanche, une plaquette de bois horizontale, dépassant les lèvres des alvéoles, insérée juste dans le milieu du rayon *sans en atteindre les bords*, ne change rien aux constructions habituelles. On arrive aux mêmes résultats si la plaquette atteint le bord, mais ne le dépasse pas, ou si de petites baguettes de bois sont piquées perpendiculairement au plan des orifices des cellules des rayons (fig. 21). Le cas où la planchette atteint les côtés du rayon *tout en dépassant les orifices des alvéoles* est digne d'une étude spéciale, car les résultats peuvent

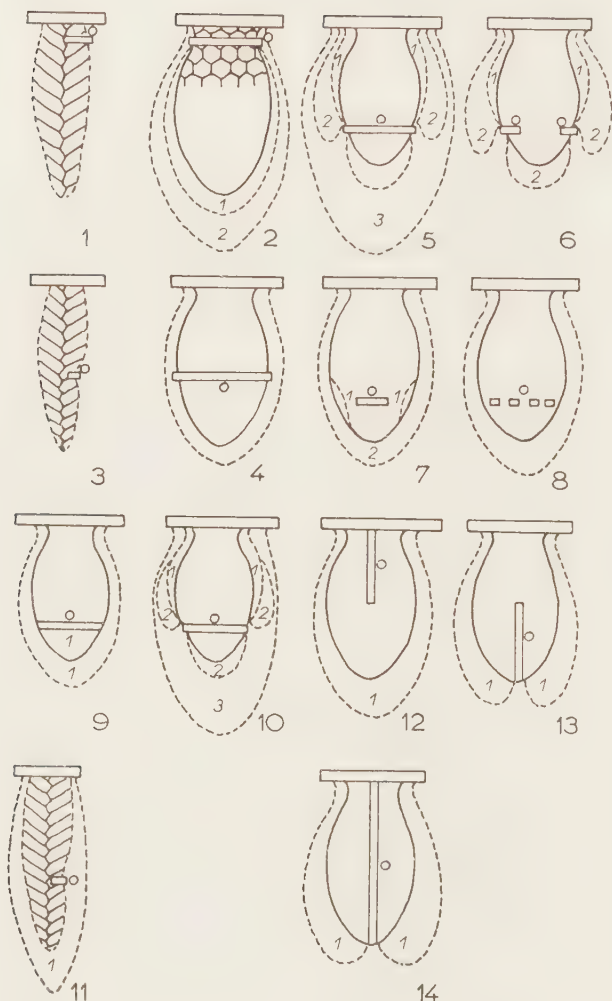


Fig. 21. — Étude des caractéristiques de l'information.

o, obstacle ; les lignes discontinues représentent les phases du développement du rayon ; 1, méthode d'insertion d'une plaquette de bois horizontale à la base d'un rayon observé de profil ; 2, même expérience sur un rayon vu de face ; 3, fixation d'une planchette au sommet du rayon (vu de profil) ; 4, insérée au milieu du rayon dans les mêmes conditions, la baguette n'apporte pas de perturbation dans le développement du rayon ; 5, phase de l'extension du rayon dans l'expérience 3 ; 6, deux petites plaquettes de bois, attachées

aux bords des rayons, suffisent à entraîner des constructions anormales ; 7, un obstacle de bois dépassant le plan des orifices des cellules peut ne pas affecter l'édification normale des rayons si le rognage de la cire qui précède toute construction (1) n'atteint pas les bords de la baguette ; 8, des tiges de bois, piquées perpendiculairement au plan des orifices des alvéoles et dépassant le rayon de part et d'autre ne changent en rien le développement normal des bâtisses ; 9 et 11, un obstacle anormal même si l'obstacle, qui dépasse le plan des orifices des cellules sur toute la largeur du rayon, est enduit de cire ; 12, 13 et 14, diverses structures du rayon, lorsqu'une baguette de bois fixée dans la cire et dépassant le plan des orifices des cellules coïncide avec l'axe vertical des rayons.

être totalement différents : ou des protubérances se forment, ou bien le rayon se développe normalement. Ces faits s'expliquent simplement parce que les Abeilles commencent toujours à rogner la région voisine de l'obstacle ; si la destruction amène le débordement de la plaquette sur les côtés, on se retrouve dans les cas cités plus haut et on obtient les perturbations. Il arrive aussi que le processus de destruction ne soit pas aussi prononcé : dans ce cas, la construction reste normale (fig. 21, 7). Ainsi, les cires qui entourent un obstacle sont rognées, les morceaux de tissu et de carton sont déchiquetés.

Le phénomène de démolition et de reconstruction, dans ces cas particuliers, pose aussi des problèmes : comment se fait-il que l'obstacle qui, d'abord,

met en branle chez les Abeilles un processus de destruction soit ensuite incorporé lentement à l'édifice ? Quels facteurs faut-il invoquer pour expliquer ces réactions différentes devant l'obstacle ? Je crois qu'on peut faire appel ici à une notion de psychologie expérimentale, l'« habituation » des Anglo-Américains ou « accoutumance », que THORPE définit comme une activité du système nerveux central par laquelle des réponses innées s'évanouissent lorsque des excitants sont présentés pendant longtemps sans donner de résultats défavorables. Il y aurait ici une sorte d'apprentissage négatif par lequel les Insectes toléreraient à la longue un corps étranger qu'ils n'ont pu éliminer. Ce comportement se rapprocherait de celui de *Nemeritis canescens* qui s'habitue à un répulsif naturel, en l'occurrence l'huile de cèdre, parce qu'au moment de la naissance de l'imago on l'a soumis à un courant d'air chargé de l'odeur de ce produit.

Mais la planchette peut encore être fixée *verticalement* dans le rayon sur toute sa longueur ou seulement dans sa moitié supérieure, ou dans l'inférieure. Si la plaquette s'allonge sur tout le rayon, ou se trouve dans la partie inférieure, on assiste à la division du sommet du rayon en deux parties, qui ne tarderont pas à se souder à nouveau, lorsque les bâtisses de cire seront suffisamment développées (fig. 21 ; Pl. phot. III, 2). Je puis encore remplacer ces plaquettes par un morceau de rayon, scellé normalement au plan des orifices des cellules sur l'axe vertical du rayon. Cette expérience a pour effet, semble-t-il, de polariser le travail des Abeilles sur une seule moitié du rayon et sur l'obstacle qui ne forment plus, dès lors, pour elles qu'une seule bâtisse qu'elles tordent, rognent et courbent pour la rendre parallèle aux voisines.

Il m'a été possible de déterminer à volonté le nombre, la direction et la forme des protubérances qui se produisent entre les plaquettes de bois et la base du rayon. Pensant toujours aux analogies hydrostatiques, j'ai été amené à incliner plus ou moins les planchettes transversales, dépassant le plan des orifices des cellules, afin de déplacer, de faire « glisser » le sommet des groupes ciriers le long des obstacles dans un sens ou dans un autre : la plaquette était-elle oblique de gauche à droite, les constructions se développaient à droite ; penchait-elle de droite à gauche, la protubérance s'étendait à gauche. Remarquons, par la même occasion, que les bâtisses situées entre l'obstacle et le sommet du rayon prenaient invariablement la même direction (Pl. phot. III, 1).

Dans toutes les expérimentations, *les hauteurs des parois des cellules semblent s'allonger comme à l'accoutumée* sur la face opposée à l'obstacle.

On obtient des perturbations significatives : 1° lorsqu'un obstacle horizontal dépasse, vers le sommet, les bords du rayon et les orifices des cellules (sa présence n'est cependant pas indispensable *dans le milieu* du rayon) ; 2° lorsque l'obstacle vertical est fixé dans la moitié inférieure du rayon.

Enfin, dans ces conjonctures bien précises, l'obstacle appliqué *de l'extérieur*, perpendiculairement sur le plan des orifices des cellules, entraîne aussi les mêmes perturbations (fig. 22).

On peut, semble-t-il, avancer deux conclusions : 1° *il existe une information qui se transmet à partir de l'obstacle dans tous les sens sur une face et sur l'autre*. En effet, si l'une

des faces du rayon contient un obstacle, l'autre, au contraire, est libre. Les Abeilles accrochées sur cette face pourraient donc facilement, en principe, poursuivre sans difficulté leurs édifices. Or, en fait, la construction standard s'interrompt *sur les deux faces*. Il est donc apparu que les Abeilles fixées sur le côté libre du rayon sont affectées par la présence de l'obstacle. Seule, une information circulant à travers la grappe cirière rend compte de ce phénomène. D'autre part, puisqu'un obstacle au sommet du rayon provoque des modifications jusqu'à sa base, il faut admettre que les perceptions des Abeilles qui touchent le corps étranger sont transmises d'une façon ou d'une autre aux Insectes de la base et à ceux localisés entre le haut du cadre et la planchette. 2° *Je dis que cette information se traduit par un gradient de construction* parce que toutes les parties de l'édifice ne se développent pas à la même vitesse ; j'ai signalé l'interruption du développement de certaines

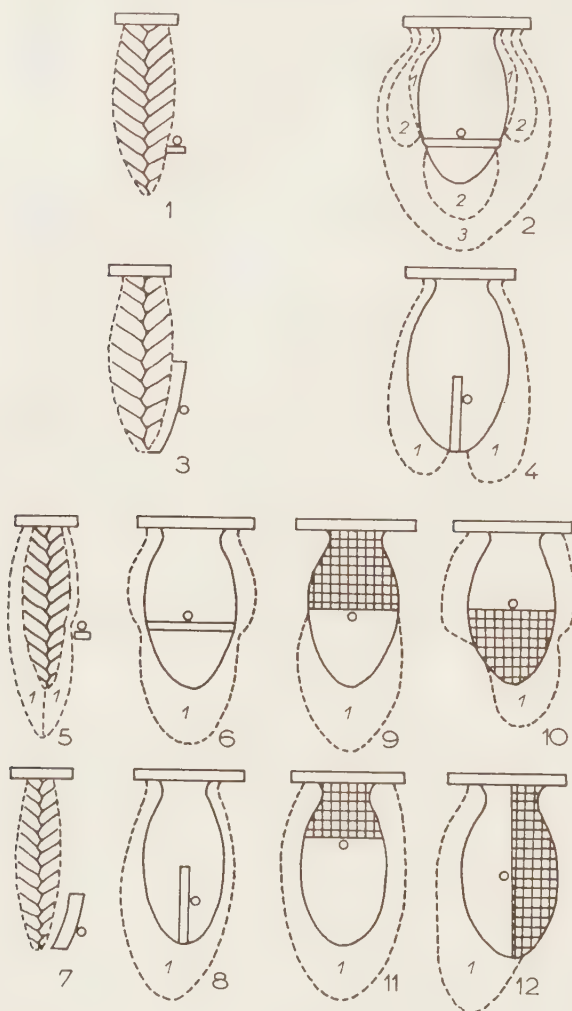


Fig. 22. — Étude des caractéristiques de l'information.

o, obstacle ; les lignes discontinues représentent les phases du développement du rayon ; 1, 2, 3 et 4, l'obstacle de bois est posé normalement au plan des orifices des cellules soit horizontalement, soit verticalement ; 5, 6, 7 et 8, la plaquette horizontale ou verticale est tenue à 10 mm perpendiculairement au plan des ouvertures des alvéoles ; 9, 10 et 12, application d'un fin grillage sur différentes parties d'un rayon ; 11, le même grillage est maintenu à 10 mm au-dessus de la base du rayon.

parties du rayon pendant un laps de temps plus ou moins long, la naissance de protubérances lorsqu'une plaquette de bois transversale est fixée au

sommet du rayon, etc. Dans ce dernier exemple, il est intéressant de connaître les déplacements des centres où le développement des constructions est maximum : aux premiers moments, on trouve un centre très actif dans la direction horizontale à peu près au milieu des arêtes, entre le haut du cadre et l'obstacle ; dans un second temps, le centre est au même endroit, mais la construction se développe dans une direction perpendiculaire à la précédente, vers le bas de la ruche. Dans le premier stade, la vitesse de construction croît de la plaquette de bois jusqu'au milieu, décroît du milieu à la base du rayon. Dans le deuxième, elle augmente en descendant le long du sommet du rayon, puis diminue en remontant vers la base, on peut ajouter *qu'il existe des zones sensibles situées sur les tranches et au sommet du rayon, non à la base. Distinguons enfin l'élévation des parois des cellules et la formation de leurs assises*, puisque les parois se développent normalement sur le rayon dont la forme est perturbée. Le déterminisme de la forme du rayon et celui de l'élongation des cellules doit être différent.

II. — Obstacles posés normalement à 10 mm des orifices des alvéoles sur un côté.

Dans ces conditions, on n'observe plus de perturbations. Il est donc permis de supposer que *l'information, dans le groupe des cirières, se transmet près de la surface de la cire*. Tout au plus, peut-on signaler de légères déformations du rayon et une élévation des cellules beaucoup plus lente du côté et à la hauteur de l'obstacle : la grappe cirière serait donc, malgré tout, un peu gênée et agirait dans un sens restrictif sur les bâtisseuses. Mais des compensations semblent s'effectuer ici de telle sorte que le rayon ne perde pas sa forme standard (fig. 22).

III. — Application d'un grillage sur une face du rayon.

Lorsqu'un grillage fin est appliqué à n'importe quel endroit sur la moitié du plan des lèvres des cellules du rayon, *la construction est bloquée sur les deux faces* dans les limites du grillage. Mais elle se développe régulièrement en dehors de cet obstacle (fig. 22 ; Pl. phot. V, 3). En revanche, si l'écran est éloigné de 10 mm de la surface du rayon, tout se déroule normalement (fig. 22, 11). *Par ses couches centrales d'Abeilles, la grappe cirière érige donc un contact direct avec la cire formée en cellules pour donner un développement normal au rayon*. Dans le cas présent, le grillage, corps répulsif, attaché sur le plan des orifices des rayons, doit provoquer une désorganisation de la grappe cirière, d'abord sur la partie qu'il couvre et ensuite par la transmission d'informations sur celle qui lui est opposée. Seule, la surface libre de chaque côté du rayon permet un regroupement de la grappe et une extension des bâtisses. Cependant, lorsque le grillage coïncide avec le sommet du rayon, zone sensible par excellence, certaines parties de la grappe, désor-

ganisées, se reforment en nodules près des zones cirières, qui serviront de points de départ à de nouveaux édifices ; on ne peut plus alors parler d'un plan de travail d'ensemble sur le rayon.

IV. — Fixation d'un écran dans les tranches du rayon.

Si l'information passe d'une face à une autre, il est intéressant de rechercher les désordres apportés à sa communication au moyen d'écrans fixés dans les tranches du rayon.

J'ai donc introduit deux lames métalliques minces de 4 à 5 cm de largeur sur toute la longueur des côtés. Comme il fallait s'y attendre, la construction a été arrêtée dans ces limites ; elle s'est cependant manifestée au-dessous de l'obstacle. En revanche, les Abeilles construisent des bâtisses régulières si l'une des tranches du rayon est libre (fig. 23 ; Pl. phot. IV, 4).

J'ai recherché alors *le moyen de rétablir la communication entre les éléments de la grappe cirière*. Divers procédés ont été employés depuis la diminution de la largeur du métal jusqu'au creusement de trous dans la plaque, en passant par l'insertion de toiles métalliques à mailles de tailles variées.

Le rétrécissement de la largeur de la feuille du clinquant montre qu'au-dessous de 10 mm les Abeilles construisent graduellement sur l'obstacle. *J'ai même observé des Abeilles de la grappe cirière à cheval sur la tranche de métal et en contact par les pattes avec les Abeilles de l'une et l'autre face* (fig. 23 ; Pl. phot. IV, 1).

La présence de trois fenêtres de 15 mm de hauteur allant du bord de la cire au bord vertical du clinquant rétablit totalement la construction du rayon. Une seule fenêtre de même taille au sommet du rayon ne permet qu'une construction dans sa largeur et au-dessous d'elle. Quelques petites bâtisses sont cependant édifiées au-dessus de la fenêtre (fig. 23).

Des orifices circulaires nombreux, de différentes tailles (de 2 à 10 mm), ainsi que d'autres semblables, en petit nombre (3 grands de 10 mm situés l'un au-dessous de l'autre ou une vingtaine de 5 mm) permettent aux Abeilles de construire sur le métal. Cependant, il est bon de souligner que l'édification des cellules ne s'opère plus tout à fait de la même manière : des alvéoles sont d'abord formés au sommet du rayon, puis, au fur et à mesure que cette partie se développe, les Insectes recouvrent de cire le métal. Il y a donc, ici, semble-t-il, création d'une nouvelle zone de croissance avec modification profonde de la technique (fig. 23 ; Pl. phot. IV, 2).

Les résultats sont identiques lorsque deux larges trous de 10 mm de diamètre se font suite depuis le rayon jusqu'au bord vertical du clinquant. Un seul suffit à amener le recouvrement du métal jusqu'à sa hauteur, à condition d'être assez près du rayon construit (fig. 23).

Or, c'est bien la présence d'orifices qui est nécessaire pour que la construction se développe : en effet, si je dépose sur chaque face du clinquant de

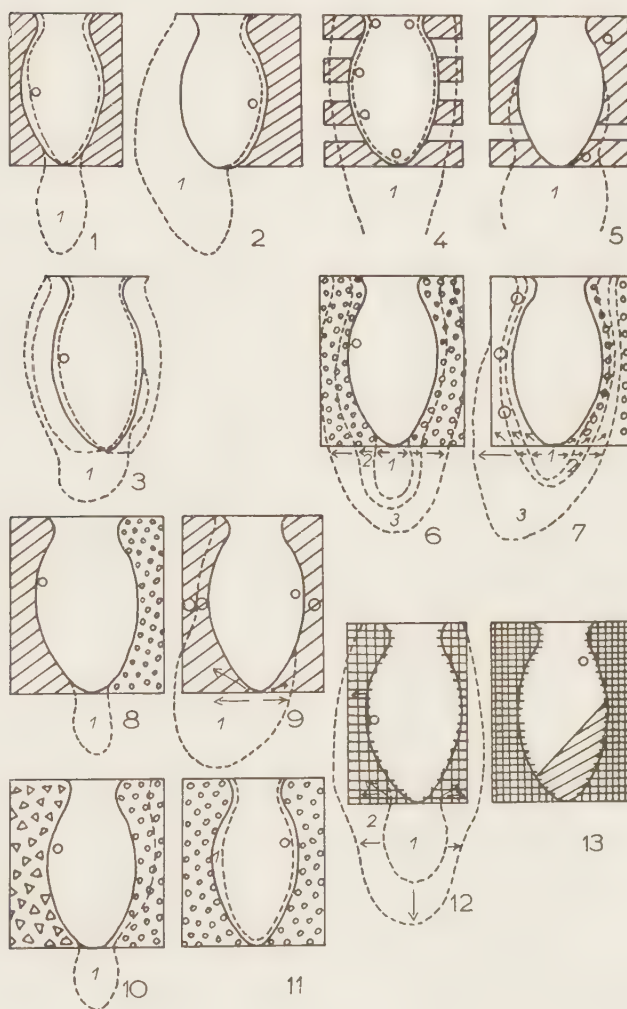


FIG. 23. — Étude des caractéristiques de l'information. 0, obstacle inséré dans les tranches des rayons; les lignes discontinues représentent les phases du développement du rayon; 1, un écran métallique assez large arrête la construction; 2, elle se développe en revanche sur le côté dépourvu d'obstacle; 3, des écrans dont la largeur est inférieure à 10 mm n'interrompent pas l'extension du rayon; 4 et 5, des échancrures horizontales dans des écrans métalliques laissent les Abeilles édifier des cellules; 6, 7 et 8, des orifices de différentes tailles et plus ou moins nombreux semblent servir de « relais » pour un développement lent du rayon; 9, il en est de même lorsque de grosses perforations sont effectuées horizontalement depuis le côté des bâtisses jusqu'à l'extrémité de la feuille de métal; 10, des dépôts légers de cire (représentés par des triangles) ne paraissent pas avoir les mêmes propriétés que les orifices, puisque la construction est arrêtée de leur côté; 11, il a été impossible de découvrir un développement du rayon lorsque deux plaquettes métalliques sont insérées du même côté, à 5 mm l'une de l'autre, dans les tranches des rayons; 12, le grillage à grosses mailles fournit des cellules assez anormales, bien que le rayon possède une certaine ressemblance avec le rayon-type; 13, au contraire, le grillage à fines mailles apporte une destruction du rayon (hachures).

petites taches de cire, la construction n'est pas reprise. *Les orifices, et non pas la seule présence de la cire, semblent donc permettre une communication entre les Abeilles et servir en quelque sorte de relais à une construction éventuelle* (fig. 23 ; Pl. phot. V, 2).

L'inhibition est complète lorsque j'insère aux mêmes endroits sur un même côté, à 5 mm l'une de l'autre, *deux feuilles* de métal percées de nombreux orifices : les Abeilles ne peuvent plus communiquer entre elles, elles ne recouvrent même plus l'obstacle (fig. 23).

Quel va être le comportement des Abeilles si le clinquant est remplacé par de la toile métallique ? Si j'emploie du grillage à mailles de 5 mm, les constructions ressemblent à celles que j'observe avec le métal percé d'orifices nombreux. Elles sont cependant très irrégulières, *car les bâtisses ne se font que sur un seul côté* (fig. 23). L'utilisation de grillage à fines mailles de 1 mm (type garde-manger) *provoque une destruction partielle du rayon sans essai de reconstruction* (fig. 23 ; Pl. phot. V, 3). CHAUVIN obtient les mêmes désordres lorsqu'il donne aux Abeilles de la cire gaufrée sur trame en toile métallique, puisque les Insectes étirent les rayons jusqu'au moment où ils atteignent le métal : à ce stade, ils entreprennent la destruction de leurs travaux. Quels sont les stimuli propres à la toile métallique qui perturbent ainsi les Abeilles de la grappe cirière ? Je ne puis actuellement donner aucune réponse à cette question.

Ces observations démontrent qu'au sein de la ruche il existe *une véritable coordination sociale dans le travail constructeur d'Apis mellifica, une œuvre collective réelle hautement organisée*,; aussi, est-on en droit, maintenant, d'hésiter sur la valeur de ces quelques phrases de HUBER : « Comment les Abeilles prennent-elles de si justes mesures ; comment ces Insectes peuvent-ils se tirer d'un pas aussi difficile (en l'occurrence passer des cellules mâles aux cellules femelles) ?... Mais, si cependant quelque chose dans la conduite des Abeilles pouvait donner *l'idée d'un consentement presque unanime* (ce que nous présentons comme une apparence très douteuse)... »

Certes, il n'y a pas un « consentement » au sens anthropomorphique, dans lequel intervient l'action de plusieurs volontés. En revanche, il existe une synchronisation objective des activités analogues à celle qu'on retrouve dans une mécanique complexe, dont la bonne marche dépend de l'excellent état et de la parfaite harmonie de tous les organes. *L'interaction entre les éléments est continue ; les imperfections des formes des cellules ou des rayons la manifestent clairement, en même temps qu'elles expriment son adaptation dans le travail d'édification des bâtisses.*

RÉAUMUR, génialement, l'avait pressenti.

CHAPITRE VI

LES CELLULES DU RAYON

Après les nombreux travaux analysés au début de cet ouvrage, je n'aurais pas voulu m'aventurer dans ce domaine si rebattu si je n'avais pensé pouvoir apporter quelques observations qui font entrevoir l'importance du facteur social.

I. — Généralités.

A. — LA FORME DES CELLULES VUES DE FACE.

La forme hexagonale est la forme normale d'une cellule d'Abeilles, cellule de couvain ou cellule à miel.

Un regard rapide sur un cadre construit nous frappe par ces cellules si régulières, que certains voulaient prendre comme étalon de mesure.

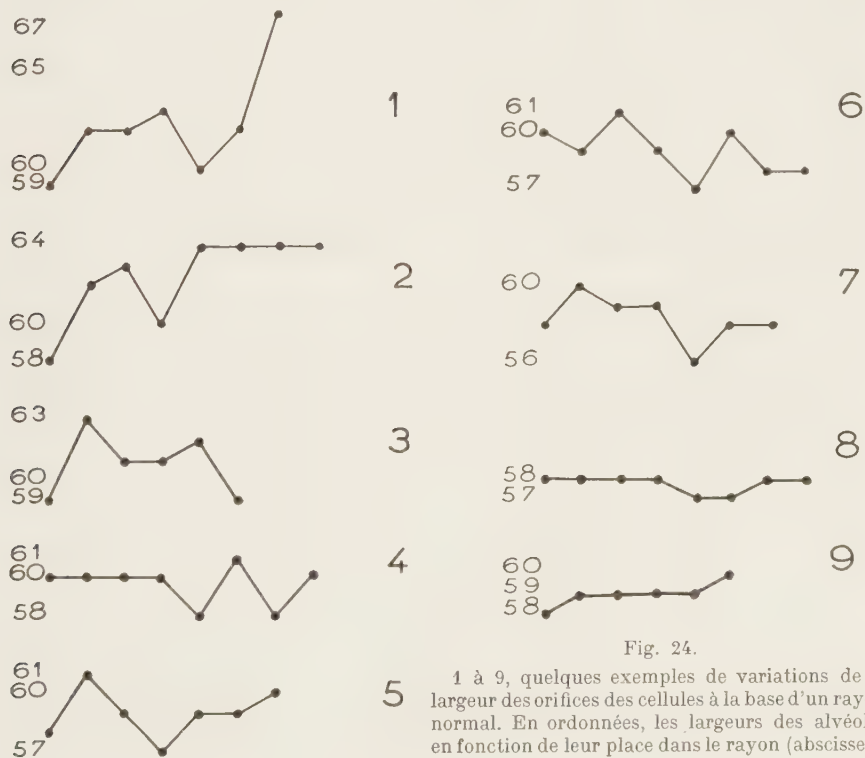


Fig. 24.

1 à 9, quelques exemples de variations de la largeur des orifices des cellules à la base d'un rayon normal. En ordonnées, les largeurs des alvéoles en fonction de leur place dans le rayon (abscisses).

Cependant, si l'on prend soin de mesurer avec un pied à coulisse chaque cellule d'un rayon normal, on s'aperçoit bien vite qu'il n'est plus possible

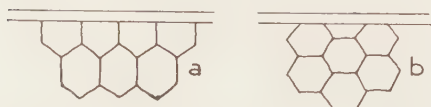


Fig. 25. — Dans 95 p. 100 des cas, les cellules des bases des rayons sont du type (a), dans 5 p. 100, du type (b).

de donner une mesure uniforme à chacune d'elles ; on peut constater simplement que les distances entre deux parois parallèles de cellules se répartissent entre un minimum et un maximum (ici 5,8 à 6 mm) : sur 196 cellules mesurées, 157 se comptent entre ces limites (tableau I).

Il y a cependant des cellules qui se trouvent hors de ces limites. Sont-elles uniformément réparties au milieu des autres, ou bien résident-elles dans certaines zones bien déterminées ? Regardons le tableau des mesures : il nous indique que ces cellules se trouvent à peu près toutes dans les cinq premières rangées à partir du haut du cadre (fig. 24). De plus, dans 95 p. 100 des cas, les cellules de la première rangée représentent des pentagones dont un des côtés est constitué par la paroi en bois (fig. 25). D'ailleurs, elles ne sont pas les seules à avoir cette forme ; les cellules d'attache aux montants *verticaux* des cadres leur ressemblent. Leur construction est assez singulière, car les Abeilles commencent d'abord à construire des prolongements informes jusqu'au bois des cadres. Ce n'est qu'ensuite qu'elles les modèlent (fig. 26).

Il y a d'autres cellules anormales dans les rayons. Nous avons vu que ces derniers, pour des causes diverses, pouvaient souvent prendre des formes bizarres : courbes, brisés... Il est donc inévitable que les cellules des raccords soient aberrantes : leurs formes sont souvent indéfinissables géométriquement. Elles servent à colmater les rayons (Pl. phot. VI, 2).

Il est encore facile de découvrir des cellules irrégulières lorsque les Insectes, par un déterminisme encore inconnu, passent insensiblement des cellules d'ouvrières à celles de mâles et inversement. Se rapprochant davantage des modèles standard que les précédentes, elles n'en sont pas moins différentes par leur taille et par leur forme (fig. 27).

Fig. 27. — En hachures, des cellules de colmatage lors du passage des cellules de mâles aux cellules d'ouvrières.

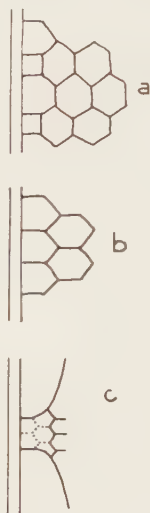


Fig. 26. — Types d'attache aux montants verticaux des cadres (a et b). Les deux phases de la soudure du rayons aux parois verticales (c) : en traits pleins, les prolongements informes; en pointillés, la formation des cellules.

Mais penchons-nous sur les cellules normales elles-mêmes et nous verrons

que leur forme hexagonale n'est pas régulière. Les angles latéraux dépassent 120°, alors que les angles du sommet et de la base sont plus petits. Les côtés dits parallèles sont toujours déformés par le jeu des forces à l'intérieur de la grappe d'Abeilles :

TABLEAU I. — VARIATION DE LA TAILLE DES CELLULES SUR UN RAYON ORDINAIRE.

	5,9	6,2	6,2	6,3	6,0	6,2	6,7
5,8	6,2	6,3	6,0	6,4	6,4	6,4	6,4
	5,9	6,3	6,1	6,1	6,2	6,2	5,9
6,0	6,0	6,0	6,0	5,8	6,1	5,8	6,0
	5,8	6,1	5,9	5,7	5,9	5,9	6,0
6,0	5,9	6,1	5,9	5,7	6,0	5,8	5,8
	5,8	6,0	5,9	5,9	5,6	5,8	5,8
5,8	5,8	5,8	5,8	5,7	5,7	5,8	5,8
	5,8	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0
5,9	5,9	5,9	5,7	5,9	6,0	5,8	5,8
	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	5,8
5,8	5,8	6,0	6,0	6,0	5,8	5,8	5,8
	5,8	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0	5,8
5,8	5,8	5,8	5,9	6,0	5,8	5,8	6,0
	5,7	5,8	5,8	5,8	6,0	6,0	6,0
5,8	5,8	5,8	6,1	5,9	6,0	6,0	6,0
	6,1	6,0	5,8	5,9	6,2	6,0	6,0
5,7	5,7	5,7	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0	5,9
5,9	5,8	5,8	5,8	6,0	6,0	5,9	5,9
	5,6	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0
5,8	5,6	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0
	5,9	5,6	5,9	6,0	5,9	6,1	6,0
5,8	5,8	5,8	5,8	6,2	5,9	5,9	5,9
	5,9	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	
5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	5,7		
	5,9	5,7	5,7	5,8	6,0		

d'une manière générale, ils convergent vers le haut de la ruche (fig. 14). Ces dernières remarques méritent toute notre attention, car elles sont une confirmation de la légitimité des analogies et des explications mécaniques. Les cellules hexagonales, en effet, semblent avoir été tirées verticalement par deux forces opposées, d'une part, celle du poids des Abeilles et, d'autre part, celle de cohésion à l'intérieur de la grappe, accrochée à la barre horizontale : sous l'action de ces forces, les angles latéraux se sont ouverts, les autres se sont fermés.

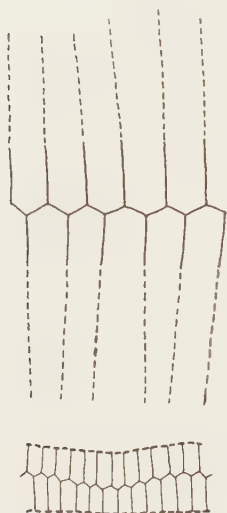


Fig. 28. — Bien souvent, les parois des cellules ne sont pas parallèles et aussi longues.

B. — LA FORME DES CELLULES VUES DE PROFIL.

Vues en coupe verticale, les cellules montrent d'autres irrégularités : c'est même sous cet angle qu'elles ressortent le mieux. Les parois se trouvent toutes relevées, déterminant des angles de plusieurs degrés avec l'horizon (fig. 14). Ce détail important a échappé à HUBER. Il fallut attendre quelques années pour que son fils, reprenant les expériences avec BURNENS, signalât ce fait et corrigât les dessins de son père.

À la place de parois parallèles, on trouve des parois dont les plans se coupent dans tous les sens. Lorsqu'une cause quelconque vient perturber les constructions normales, ces irrégularités s'accroissent (fig. 28).

Enfin, bien souvent, la *profondeur des cellules* est très différente d'un alvéole à un autre dans un rayon « terminé » : BOUVIER a observé des profondeurs de 41 mm dans les édifices bâtis en plein air. Les Abeilles ne semblent pas affectées par cette anomalie.

II. — Une loi générale de la construction.

A. — LES RETOUCHES.

Tout ce qui précède m'incite à traiter d'un sujet que j'estime de la plus haute importance, par les perspectives qu'il nous ouvre sur l'instinct des Insectes : il s'agit de la retouche des constructions.

Je ne fais qu'aborder ce problème, car je poursuivrai cette étude dans un prochain chapitre traitant du parallélisme des rayons.

DARWIN, dans *L'Origine des espèces*, écrit : « Dans certains cas difficiles tels que la rencontre sous un certain angle de deux portions de rayon, rien n'est plus curieux que d'observer combien de fois les Abeilles démolissent et reconstruisent une même cellule de différentes

manières, revenant quelquefois à une forme qu'elles avaient d'abord rejetée. »

Plusieurs fois, on a signalé les modifications des cellules de la base des rayons.

Je puis dire maintenant que la « loi de retouches » est une loi générale de la construction chez l'Abeille.

La cellule n'a jamais immédiatement sa forme définitive : les Abeilles travaillent par touches successives.

A ce sujet, cette citation de RÉAUMUR m'a paru particulièrement suggestive : « Quand donc les Abeilles ne donneraient pas toujours aux rhombes des alvéoles les angles que leur théorie demanderait qu'elles leur donnassent, il n'y aurait pas de quoi être étonné; on ne doit l'être que de ce qu'elles s'écartent si peu des mesures précises... De là, il suit que l'hexagone n'est pas parfait, qu'il n'a pas ses côtés égaux, qu'il en a de plus petits que les autres. Il arrive aussi que les angles de l'hexagone ne sont pas tous égaux entre eux, mais la différence est moins grande entre les angles et les pans auprès de l'ouverture qu'elle ne l'est auprès de la base. Les petits pans de l'hexagone m'ont paru s'élargir et les grands m'ont paru s'étrécir à mesure qu'ils s'éloignent de la base... Néanmoins les Abeilles ne construisent pas toujours des ouvrages si délicats avec autant d'exactitude qu'elles semblent se le proposer, mais, si les inégalités deviennent trop grandes dans une cellule, elles savent les sauver en ajoutant ou en retranchant à la base de la cellule suivante ; ainsi les irrégularités ne vont pas en augmentant. Si une base a été un peu trop étendue, elles enlèvent une petite portion à la cellule qui suit, et, si la base a été trop étroite, avant que d'élever les pans, les Abeilles prennent ce qui lui manque sur la base destinée à soutenir une autre cellule. »

B. — DES FAITS : FORMATION DES CELLULES NORMALES, RÉPARATION D'UNE BRÈCHE.

Formation des cellules normales. — Je n'ai jamais eu l'occasion de suivre en détail, pendant longtemps, les Abeilles en train de former une cellule. Cependant, je crois pouvoir retracer la formation d'un alvéole à la suite de diverses observations et expériences.

Il suffit de suivre le développement complet de plusieurs rayons, étape par étape, d'examiner les cellules à la loupe binoculaire ou au microscope pour être à même de reconstituer la formation d'une cellule.

Nous avons vu que, contrairement aux allégations de HUBER, lors de la construction d'un rayon quelconque dans une ruche déjà bien établie, les Abeilles ne se contentent pas de la pose d'un seul point d'attache, mais qu'elles en édifient plusieurs. Je n'ai jamais vu non plus une Abeille frétiller pour écarter ses compagnes et les avertir de son travail. Il y a, en revanche, semble-t-il, une *grande indétermination au début de la pose d'un nouveau rayon* : les ébauches, le point de départ et le sens des premières cellules

dépendent uniquement des lieux d'accrochage et du nombre des grappes cirières, ces dernières se fixant au hasard des stimuli (sucre, rugosité, odeur, etc.). Il est évident, en outre, que les rayons nouveaux seront généralement construits à proximité du dernier édifice, puisque l'essaim est formé de chaînes cirières à peu près toutes anastomosées.

Certes, il y a des exceptions, puisque dans une ruche plusieurs centres de travail de la cire peuvent exister. En outre, les points de construction

se déplacent sur un même support, à la suite d'un simple décrochage de la grappe en pleine action. Les essaims qui construisent en plein air nous en donnent une preuve avec leurs rayons très irréguliers à leur base : l'essaim est là, moins groupé, obligé de s'accrocher souvent au hasard des branches.

Donc, en plusieurs points déterminés, certaines Abeilles cirières déposent les lamelles qu'elles viennent de sécréter, d'autres de la cire récupérée dans les vieux rayons de la ruche. Notons que l'utilisation de la cire récupérée mériterait encore, malgré les intéressants travaux de MEYER, une étude plus approfondie, car des indices nous laissent à penser : 1° que les Abeilles peuvent utiliser des débris de cire pour créer de nouvelles cellules ; 2° que de nombreux débris ou écailles, tombés au sol, ne sont pas ramassés. Perdent-ils, dans ce dernier cas, leur valeur de « matériel propre à la construction » ? Dès les premiers millimètres d'épaisseur, tous les amas sont légèrement sculptés au hasard. Cependant, les Abeilles continuent à entasser leur cire sur les bords et à l'intérieur de l'ébauche sous forme de boulettes, de morceaux de lamelles ou même de lamelles entières qui sont ensuite

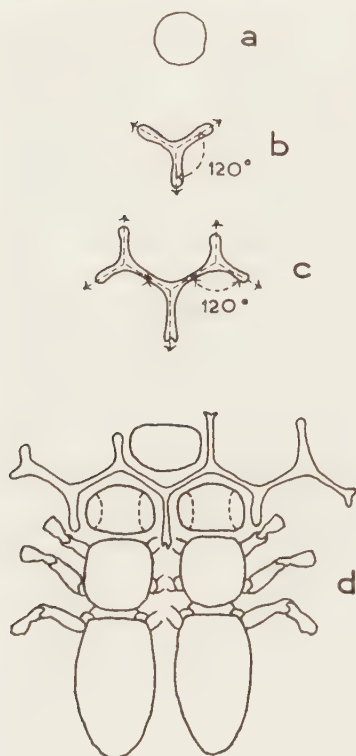


Fig. 29. — Développement idéal des premières cellules d'un rayon vu par-dessous.

triturerées. Les sculptures sur les amas disséminés n'ont, en général, qu'un point commun : la présence de cavités plus ou moins arrondies (fig. 29).

D'après l'étude de nombreux documents photographiques, pris à différents stades de l'évolution des ébauches, il semble que le développement idéal des bâtisses soit le suivant : lorsque les amas ont acquis l'épaisseur de 5 à 6 mm environ, les Abeilles les creusent dans trois directions différentes, faisant entre elles un angle de 120°. Les débris sont accumulés autour d'elles. Ces derniers, par un ratissage continu, font diminuer progressivement l'épaisseur de la cire qui sépare les trois cavités arrondies, tandis que d'autres apportent sans cesse de la cire sur les parois des alvéoles qui

prennent corps petit à petit. Ces parois sont alors plus épaisses que celles qui, à la fin, séparent deux cellules terminées. Dès que les parois ont acquis une longueur telle que deux Abeilles peuvent creuser simultanément côte à côte, l'extrémité de chacune devient à son tour le centre de creusement dans trois autres directions, formant entre elles un nouvel angle de 120° . Mais la paroi existante impose obligatoirement le sens des deux autres qui seront établies à son extrémité. Il en sera ainsi de toutes les parois dans un plan privilégié, certainement déterminé par la grappe : nous savons qu'il n'est pas forcément parallèle aux autres rayons. En conséquence, les alvéoles alterneront. Or, cette loi de creusement dans trois directions bien définies joue dans tous les points de l'espace : j'ai décrit le développement horizontal, j'aurais pu aussi bien, avec la même norme, brosser le tableau de l'accroissement vertical qui s'y rattache. Enfin, comme je viens de le suggérer, cette manière de rogner un amas de cire est due, en partie, à la taille et à l'anatomie des Abeilles, qui ne leur permettent pas de travailler à plus de trois sur un même bloc.

Après toutes les observations que j'ai accumulées et décrites depuis le début de ce travail, il faut remarquer que le développement des rayons que je viens de relater ne se réalise jamais d'une façon aussi « mathématique ». Il sera inutile, en effet, de rechercher de véritables angles de 120° , des calottes sphériques régulières... Il y aura quelquefois quatre directions de creusement, si bien que les parois initiales dessineront une croix ; une cavité ou deux seront beaucoup plus profondes que les autres ; les Abeilles rogneront les extrémités des parois sans définir rapidement un plan privilégié... Ces constructions aberrantes viennent peut-être du fait que les Insectes ont creusé la cire *alternativement* (fig. 30).

Cependant, toutes ces erreurs ne s'accumulent pas, mais, au contraire, sont corrigées insensiblement au moyen de retouches. Il y a donc *trois phases* qui se superposent plus ou moins : 1° *pose d'ébauches irrégulières*, 2° *sculpture de l'ensemble en calottes sphériques*, 3° *rectifications*. Il faudrait dire souvent « camouflages », car des coupes des bases de rayons démontrent une très grande irrégularité. D'autre part, nous le voyons

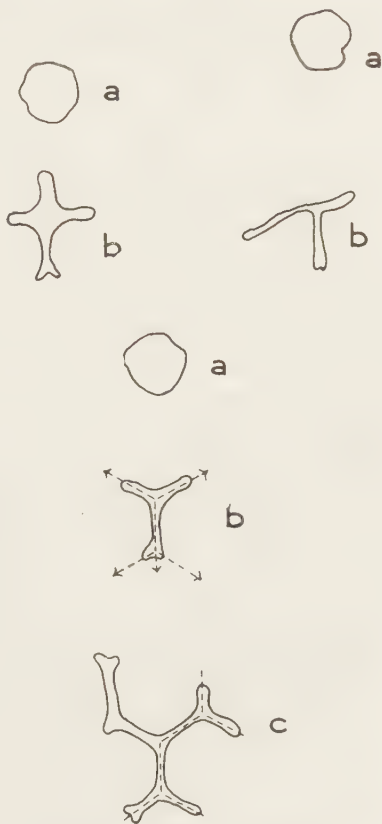


Fig. 30. — Trois exemples de développement « anormal » des premières cellules d'un rayon.

déjà, cette manière de travailler et le matériau employé se prêtent admirablement aux retouches continuelles et infinitésimales.

Or, les Insectes vont toujours bâtir avec la même technique tout au long de l'édification du rayon ; apport de cire sur les saillies, grattage du fond et des parois. La « théorie circulaire », que j'ai développée dans l'historique de ce travail, semble donc donner de la réalité une image plus fidèle. Cependant, nous le montrerons, ces explications mécaniques de la formation des formes hexagonales des cellules et des fonds (si particuliers) demeurent par trop élémentaires, parce qu'elles ne tiennent pas suffisamment compte du développement progressif des retouches.

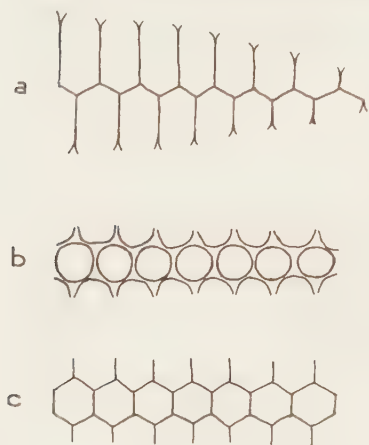


Fig. 31.

a, coupe d'un rayon vu de profil ;
b, forme des cellules vues de face ;
c, forme des mêmes cellules observées
au moyen d'une coupe parallèle, effectuée entre le plan des orifices et les bases des alvéoles.

La simple considération des faces des rayons nous permet déjà de voir que les orifices alvéolaires ressemblent plus à des circonférences qu'à des hexagones. Les bords des cellules ne sont pas linéaires mais courbes et épais et portent bien souvent des cavités assez profondes (1 mm). Des coupes horizontales d'une cellule à différentes hauteurs nous conduisent à remarquer ensuite que ces parois deviennent de plus en plus rectilignes au cours

de l'élévation de l'alvéole : à la limite, seulement, nous trouvons en présence d'hexagones (fig. 31). Une coupe verticale nous fait aussi apparaître ce phénomène : la cellule dite normale, à parois obliques et à peu près parallèles, est surmontée d'une coupole qui se ferme progressivement. Les cellules des bords des rayons sont encore plus significatives, car les parois et les fonds ne sont pas encore formés : elles prennent un aspect ovoïde du fait que les fonds ont encore la forme d'une calotte sphérique, que les parois sont courbes et forment un cylindre fixé sur une base circulaire, que les orifices des cellules sont surmontés d'une petite zone sphérique. Ce dernier caractère des cellules découle normalement de la manière de travailler des Abeilles qui, d'une part, ratissent le fond et les parois avec leurs mandibules en ramenant les déchets aux orifices, et, d'autre part, déposent leur cire sur les saillies. Les frères FOLLOPE avaient déjà remarqué comment les Abeilles étiraient les feuilles de cire gaufrée : ratissage du fond et des parois, amassage des débris aux orifices. Ils ne savaient pas que ceci pouvait être généralisé aux constructions naturelles parce qu'ils ignoraient la méthode de formation des cellules (fig. 32).



Fig. 32. — Structure des cellules des bords d'un rayon vu de profil.

J'ai pu examiner plusieurs fois la suite des réflexes de transport des lamelles aux mandibules. Je dis « réflexe » parce que l'Insecte sans tête répète tous les mouvements jusqu'à ses derniers instants. Les attitudes sont les suivantes : frottements de l'abdomen avec les pattes postérieures, introduction d'une patte médiane entre les deux pattes postérieures réunies, frottements de celle-là par la patte antérieure correspondante, enfin passages de cette dernière par-dessus les mandibules qui agrippent la lamelle de cire. Peut-être y a-t-il dans ces mouvements un grand nombre d'échecs, car on découvre des centaines de lamelles jonchant le fond de la ruche. Il se peut encore que celles-ci tombent de l'abdomen sans avoir été saisies par les pattes.

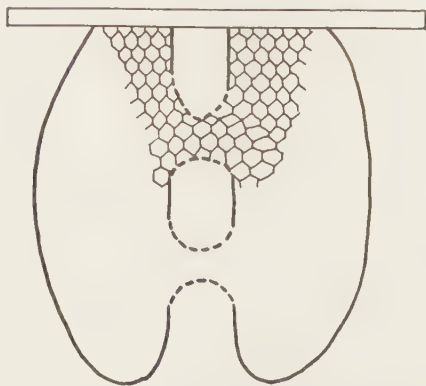


Fig. 33. — Les Abeilles établissent des ponts de cire formée en cellules lors des réparations des brèches.

Réparation des cellules d'une brèche. — A. J'ai taillé dans des rayons



Fig. 34. — Réparation d'une brèche : en traits pleins, première phase des reconstructions ; en pointillés, deuxième phase.

construits des brèches pour observer de quelle manière elles étaient réparées. Ces expériences m'ont permis de diviser la réparation en deux phases : 1^o ébauche des cellules (surtout des cellules centrales) permettant ainsi un rapide colmatage de la brèche ; 2^o perfectionnement grâce auquel les Abeilles cherchent à obtenir une plus grande régularité dans la forme des cellules. Comme précédemment, la régularité observée est obtenue plus au moyen des parois qui s'édifient que par la démolition des ébauches primitives (fig. 33 et 34).

Il est bon de signaler aussi un artifice par lequel les Abeilles donnent à nouveau aux cellules une apparence de régularité. Je l'ai découvert en faisant une coupe verticale dans un rayon construit, d'aspect presque normal. En fait, il s'agit de constructions établies sur une plaque de cire gondolée. Sur le côté convexe, les Abeilles, partant de la cire gaufrée, forment des cellules de couvain mâle en écartant les parois en construction. Au contraire, sur le côté concave, le problème se complique parce que, les bases des cellules étant normales, les Abeilles ne peuvent augmenter ou diminuer leur taille, sans les rendre anormales au sommet. Elles résolvent le

TABLEAU II. — VARIATION DE LA TAILLE DES CELLULES SUR UN RAYON DANS LEQUEL UNE BRÈCHE A ÉTÉ EFFECTUÉE (2,7 cm). (ICI, LES LÈVRES DE LA BRÈCHE N'ONT PAS ÉTÉ DÉPLACÉES). CES MESURES ONT ÉTÉ FAITES SUR UNE PHOTOGRAPHIE.

7,7	7,7	7,5	7,3	7,5	7,7	7,4	7,4
7,3	7,6	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	
7,7	7,7	7,7	7,3	7,6	7,5	7,7	7,5
7,5	7,6	7,7	7,7	7,7	7,3	7,6	
7,7	7,7	7,8	7,5	7,4	7,7	7,7	
7,2	7,7	7,7	7,3	7,6	7,5	7,5	7,5
7,3	7,6	7,6	7,6	7,6	7,1	7,4	7,5
7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	6,9	7,5
7,3	7,7	7,6	7,1	7,1	7,3	7,5	
7,6	7,8	7,7	7,6	7,3	7,0	7,3	7,3
7,9	7,5	7,5	7,3	7,2	7,0	7,4	7,5
7,6	7,6	7,6	7,5	7,3	7,0	7,0	7,3
8,0	7,6	7,2	7,2	6,8	7,0	7,5	7,6
7,8	7,7	7,7	7,1	7,1	7,0	6,9	7,5
7,7	8,0	7,2	7,0	7,0	7,0	7,4	7,4
7,7	7,7	7,7	7,2	7,2	7,0	7,2	7,5
7,9	7,9	7,6	7,1	7,1	7,1	7,5	7,7
8,0	7,5	7,5	7,5	7,2	7,2	7,5	7,7
7,7	7,4	7,7	7,5	7,4	7,4	7,4	7,5

TABLEAU III. — VARIATION DE LA TAILLE DES CELLULES SUR UN RAYON DANS LEQUEL UNE BRÈCHE A ÉTÉ EFFECTUÉE (2,7 CM). (ICI, LES LÈVRES DE LA BRÈCHE ONT ÉTÉ DÉPLACÉES). CES MESURES ONT ÉTÉ FAITES SUR UNE PHOTOGRAPHIE.

10,4	9,4	10,1	9,6	9,6	9,6			
10,5	10,5	9,4	9,4	9,2				
8,7	8,3	8,2	8,2	9,1	9,1	9,4	9,1	
8,5	8,6	8,7	8,6	8,9	8,9	8,9	8,9	
8,6	8,6	8,9	8,8	8,8	8,8	9,0	9,0	
8,8	8,7	8,7	8,7	8,7	9,2	9,2	8,9	
8,9						9,2	8,9	
8,9	Trou.					8,9	8,9	
8,7	9,2			8,8	8,9	8,9	9,4	
9,3	8,7	9,1	8,6	8,4	8,7	8,7	9,3	
9,1	8,7	8,9	8,4	8,3	8,8	8,9	8,9	9,4
8,8	8,7	8,5	8,3	8,4	8,9	8,9	9,3	
9,0	8,7	8,2	8,2	8,7	8,8	9,1	9,1	
8,8	8,4	8,3	8,0	8,0	8,8	9,1	9,1	
8,8	8,5	8,2	8,3	8,1	8,4	8,7	8,9	9,4
8,7	8,5	8,4	8,1	8,4	8,7	8,7	8,9	
9,0	8,7	8,7	8,7	8,7	8,9	9,2	9,2	8,7

problème en supprimant des cellules au moyen de parois obliques presque invisibles de l'extérieur : des cellules absolument closes existaient ainsi près de la cire gaufrée (fig. 35).

B. Dans les rayons, je creuse des brèches verticales de différentes tailles. Dans certains cas, j'écarte les lèvres de la brèche parallèlement à elles-mêmes, de manière à ne laisser aux Abeilles qu'un espace *ne permettant pas de construire un nombre entier de cellules* ; dans d'autres, je laisse les rayons à leur place après simple découpage d'une brèche.

Dans les deux cas : 1^o le type de reconstruction est le même ; 2^o les cellules diminuent progressivement de taille, à partir des bords jusqu'au centre de la brèche ; celles des environs du centre deviennent anormalement grandes, ou anormalement petites ; 3^o les premiers raccordements se font au hasard le long de la brèche (fig. 33 et 34) (tableaux II et III).

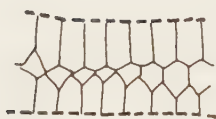
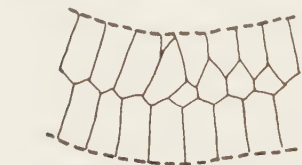


Fig. 35. — Étirage des cellules sur plaque de cire gaufrée gondolée (rayon vu de profil). Existence de cellules closes.

L'interprétation de ces résultats semble assez difficile. Cependant, si j'essaie, *sans l'aide d'un instrument de mesure*, de marquer sur un segment de droite des points placés à égale distance les uns des autres, alternativement à gauche et à droite, je m'aperçois qu'en atteignant le centre de la figure il reste des espaces trop grands ou trop petits, par rapport à la distance donnée ; de plus, les espacements diminuent régulièrement des extrémités au milieu du segment ; je ne sais si le phénomène est général en psychologie humaine.

Existe-t-il quelque chose d'analogue chez les Abeilles, par l'intermédiaire d'autres sens que la vue puisque la ruche est obscure ? La cinesthésie, le tact des Abeilles interviennent-ils ? S'agit-il d'une loi de perception des Abeilles cirières ? En tout cas, cette diminution régulière en approchant du milieu est inexplicable sans l'intervention d'une information au travers de la grappe cirière qui indique aux travailleuses l'état des cellules précédentes.

Je pense que les Abeilles au travail manifestent évidemment un comportement conditionné par l'environnement (grappe, ruche...), mais qu'elles jouissent aussi d'un autoconditionnement semblable au « feed back » des mécaniques modernes. J'ajoute même que les résultats de mes expériences précédentes ne sont guère compréhensibles sans cet autoconditionnement infinitésimal, différentiel et continu de la grappe sur les Abeilles au travail. En effet, les cirières à l'œuvre paraissent bien recevoir des informations de tous les points de l'édifice par le truchement des Insectes, de la grappe cirière (ce point ressortira encore davantage dans le chapitre suivant) ; elles les intègrent et en donnent une réponse adaptée à la situation présente, soit en déposant une boulette de cire, soit en détachant des débris de matériaux... Comme je l'ai déjà suggéré, les parois des cellules permet-

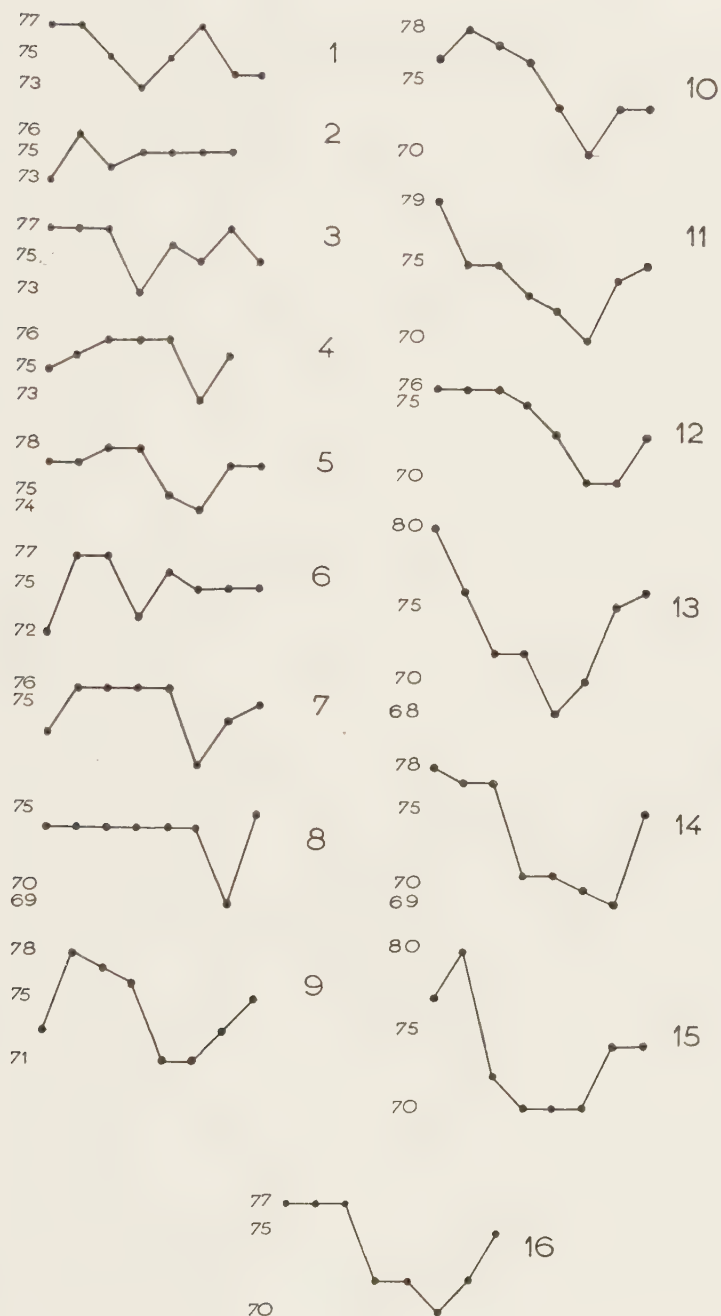


Fig. 36. — Réparation d'une brèche dont les bords verticaux n'ont pas été déplacés. Les graphiques représentent les variations des largeurs des cellules (ordonnées) en fonction de leur place dans les nouvelles constructions (abscisses). Ces mesures ont été prises sur des photographies.



Fig. 37. — Réparation d'une brèche dont les bords verticaux ont été déplacés. Les graphiques représentent les variations des largeurs des cellules (ordonnées) en fonction de leur place dans les nouvelles constructions (abscisses). Ces mesures ont été prises sur des photographies.

tent ces modifications, car, la plupart du temps, les ouvrières n'ont qu'à redresser les nouvelles parties de leurs édifices pour obtenir, avec des démolitions limitées, la réponse adéquate aux situations successives. En effet, des coupes verticales et horizontales des cellules nous ont fait découvrir, inscrites dans la cire, les fluctuations de l'information au cours du temps : changements de direction des plans des parois, rapprochements de pans adjacents ou opposés... C'est là d'ailleurs que la remarque, sur laquelle j'ai déjà insisté plusieurs fois, prend toute son ampleur : *la réponse constructive d'Apis mellifica lui est propre* ; la sommation des informations de la grappe cirière se compose avec le patrimoine héréditaire et peut-être aussi avec des dispositions acquises qui déterminent l'Insecte à réagir de telle ou telle façon plutôt que d'une autre. En d'autres termes, les Abeilles constructrices sont prédéterminées à agir de la manière que nous connaissons sous l'action d'une somme de perceptions diverses transmises par les chaînes cirières. Je commence à pressentir la nature tactile ou cinesthésique de cette information et j'en tracerai certaines lois au chapitre suivant.

Mais parler de *feed back*, d'information en retour dans la construction, c'est immédiatement évoquer l'intervention d'un schéma de cellule ou d'un type de rayon sur lesquels la sommation des informations reçues est comparée. Il faudrait admettre que les Abeilles, qui se succèdent dans l'édification d'un alvéole ou d'un rayon, confrontent leur travail avec celle prédéterminée par leur organisme. Nos descriptions des chapitres précédents nous donnent peut-être la clé de ce problème : *la conformation des grappes d'Abeilles cirières accrochées aux cadres servirait de modèle et de « consigne » de travail aux Insectes*, de points de référence en fonction desquels les ouvrières construisent et informent les autres éléments de la grappe. D'après la « consigne », c'est-à-dire la forme de la grappe cirière et probablement d'après les variations de tension musculaire, senties par les pattes, les Abeilles « pèsent » et corrigent les écarts entre la structure du rayon construit et celle qui devrait exister, compte tenu des facteurs énumérés au chapitre précédent (population et dimensions de la ruche, obstacles...) Ainsi, par exemple, le rayon ne prendra plus la forme standard décrite si la grappe cirière est elle-même modifiée : une plaquette *verticale*, située au sommet du rayon, la coupe en deux parties ; une *horizontale* la fait échapper partiellement (au moins pendant la première phase) à l'action de la pesanteur ; une *oblique*, suivant sa pente, la déporte à gauche et à droite. J'interprète de la même manière la plupart des formes observées, depuis l'accélération des constructions régénérées après des découpages de morceaux de rayons, situés au sommet ou à la base, les structures extraordinaires des bâtisses de cire traversant les treillis de bois, jusqu'à l'aspect des rayons soumis à la force centrifuge par GONTARSKI. Mais comment expliquer la forme des rayons perturbés par la seule présence de plaquettes horizontales fixées sur leurs bords, ou par l'existence d'un grillage à fines mailles sur le plan des orifices des cellules ? Dans le premier cas, les obstacles de bois serviraient de points d'attache à de petits groupes

d'Abeilles en partie indépendants, et briseraient ainsi l'équilibre standard de la grappe constructive principale. Je crois d'ailleurs que tous les corps étrangers à la cire qui troublent les constructions agissent de la même manière, *par la rupture de l'unité de la grappe cirière et par la création de groupes plus ou moins nombreux, plus ou moins indépendants*. En revanche, les stimuli issus des toiles métalliques semblent chasser la grappe cirière vers les régions libres des rayons : vers le sommet si le grillage est à la base, sur le côté droit s'il est à gauche, etc. Le départ des Abeilles de la face grillagée entraînerait le déplacement de leurs compagnes de l'autre face. L'arrêt de la construction dans les limites de l'obstacle, la formation d'une nouvelle grappe cirière aux emplacements vacants. La rupture du groupe n'est ici que transitoire puisqu'il se reforme un peu plus loin.

L'explication de la forme des cellules est beaucoup plus délicate : en effet par où passe la « consigne » de fonctionnement ? Certains ont indiqué l'influence des yeux à facettes hexagonales, d'autres se sont efforcés de montrer que les appareils masticateurs sont à l'origine de la forme type. Je n'ai pas ici de solutions totalement satisfaisantes, car il y a des cellules de différentes tailles (celles du couvain mâle et celles du couvain d'ouvrières), des cellules intermédiaires entre elles, des cellules dont les parois ne sont pas parallèles et dont les angles latéraux sont plus largement ouverts que les autres... Cependant, les résultats que j'ai obtenus me donnent les éléments d'une hypothèse. En effet, 1° le comportement de la construction type semble consister à creuser les blocs de cire dans les trois dimensions de l'espace et dans trois directions concourantes faisant entre elles un angle de 120° ; 2° l'anatomie et les dimensions du corps des Abeilles paraissent jouer un rôle dans ce comportement et dans l'établissement de la largeur des cellules ; 3° la structure de la grappe cirière, qui a une action indéniable sur la forme du rayon, n'est pas étrangère à l'aspect des cellules : angles, plans des parois, dimensions des orifices. Cependant, les pures lois mécaniques ne rendront jamais compte totalement de la formation des cellules et surtout des nombreuses modifications qu'elles peuvent subir au cours du temps, en particulier les transformations des cellules de mâles en cellules d'ouvrières en présence d'une reine très féconde, et inversement des alvéoles d'ouvrières en alvéoles de mâles avec une vieille reine ou des ouvrières pondeuses.

La constatation des nombreuses irrégularités que nous avons signalées dans les rayons ou dans les cellules, dans la pose des rayons, etc., nous invite à compléter nos vues sur le mécanisme de la construction chez l'Abeille par l'introduction presque obligatoire de ce que les cybernéticiens appellent « l'aléatoire ».

L'information transmise aux travailleuses semble, en effet, échapper aux liaisons fonctionnelles rigides, classiques, *parce qu'elle n'est pas en tous points précisée, parce qu'elle ne lie que des valeurs probables auxquelles doivent répondre les éléments de la grappe cirière*. Chaque Abeille au travail agit à sa manière dans le sens de la plus grande probabilité.

L'ouvrage avance donc dans le bon sens, mais avec de nombreuses

TABEAU IV. — VARIATION DE LA TAILLE DES CELLULES DE DEUX RAYONS DONT LES CONSTRUCTIONS SE RAPPROCHENT. L'UN EST COMPOSÉ DE CELLULES DE MALES, L'AUTRE DE CELLULES D'OUVRIÈRES. L'ESPACE LIBRE QUI LES SÉPARE EST ENCORE SUPÉRIEUR À 10 MM.

DIMENSIONS DES CELLULES DE MALES.						ESPACE LIBRE.	DIMENSIONS DES CELLULES D'OUVRIÈRES.					
	98	105	96	105	95		73	70	71	75	75	75
	103	96	98	98	93		66	72	72	76	75	80
103	104	96	100	95	91		70	70	73	78	78	
	103	104	98	97	92	88	69	71	71	74	77	77
97	103	97	100	97	88		69	69	73	76	76	76
	103	104	97	105	89		71	70	73	75	75	76
103	99	105	92	97			71	71	73	76	76	76
	101	105	101	91			69	70	72	80	76	79
103	103	102	97				77	75	75	75		
100	108	97					73	73				

TABEAU V. — VARIATION DE LA TAILLE DES CELLULES DE DEUX RAYONS DONT LES CONSTRUCTIONS SE RAPPROCHENT. L'UN EST COMPOSÉ DES CELLULES DE MALES, L'AUTRE DES CELLULES D'OUVRIÈRES. L'ESPACE LIBRE QUI LES SÉPARE EST INFÉRIEUR A 10 MM.

DIMENSIONS DES CELLULES DE MALES.			ESPACE LIBRE.	DIMENSIONS DES CELLULES D'OUVRIÈRES.				
—————→				←————				
89	84	72		64	64	64	64	
87	88	80		64	64	64	64	
88	87	87		64	64	64	64	
88	87	83	Petits	55	63	65	65	62
85	85	78	alvéoles	67	64	64	63	63
84	84	78	de	60	62	62	62	62
94	84	87	raccord.	56	66	66	62	61
90	84			66	66	62	62	
	84			64	66			

fluctuations. En effet, la pose d'une boulette ou d'une lamelle de cire ne s'insère pas forcément dans le déroulement continu des constructions du rayon ou de la cellule parfaite, en raison des approximations des phénomènes physiques perçus par les Abeilles et auxquels elles ont à répondre au moyen de leur instinct bâtisseur. Dès lors, en présence de valeurs possibles, les faits montrent que les Abeilles fournissent une réponse dans le sens de la plus grande probabilité. On est loin de ce déterminisme dans la construction, tel qu'il était envisagé jusqu'à présent : la solution à une situation présente n'est pas stéréotypée ; l'ouvrière, à la façon des machines jouant aux échecs, semble « décider » de la construction la plus « raisonnable ». On entrevoit alors les raisons des démolitions et des reconstructions par lesquelles les Insectes, au cours du temps, corrigent les écarts trop grands avec leurs systèmes de référence. Cependant, le travail n'est que rarement réversible dans sa totalité, et les Abeilles remédient aux imperfections soit par de nouveaux apports de cire, soit par de nouveaux modelages.

C. — RACCORD DE CELLULES DE MALES ET DE CELLULES D'OUVRIÈRES.

Dans le même ordre d'idées, il est encore intéressant de rechercher comment s'opère le raccord entre deux édifices, l'un formé de cellules de mâles et l'autre de cellules d'ouvrières.

J'ai donc mesuré les tailles des cellules des deux rayons au cours de leur rapprochement progressif. Le tableau ci-joint nous montre que les dimensions des cellules mâles ou femelles restent stables tant que les deux rayons sont à une distance supérieure à 10 mm l'un de l'autre. Ce n'est qu'à partir de cette limite que les grandes cellules diminuent et que les petites croissent ou décroissent. Les groupes de cirières sur chaque construction travaillent donc d'une manière isolée jusqu'au moment où ils ne sont séparés que par une très petite distance (tableaux IV et V).

Il est étonnant que cette régulation commence si tard, alors que, dans la réparation des brèches faites dans des rayons uniformes d'ouvrières ou de mâles, la diminution régulière signalée plus haut débute aux lèvres de la brèche, quel que soit leur écartement. Ce phénomène se renouvelle-t-il constamment ? Le sujet mérite une attention spéciale et des mesures plus nombreuses.

CHAPITRE VII

LE PARALLÉLISME DES RAYONS

I. — La pose des assises. Les retouches.

A. — LA POSE DES ASSISES.

L'apiculteur débutant ne tarde guère à apprendre à ses dépens que ses ruches sont régies par certaines lois immuables : rapproche-t-il trop deux rayons, il les verra rapidement réunis au grand dam de ses ruches à cadres mobiles ; l'un des cadres est-il trop près d'une paroi, le voici solidement attaché au bois de la ruche ; écarte-t-il trop ses cadres, il constate des constructions parasites dans toutes les directions.

L'examen des ruches en paille ou celui des ruches Warré dans lesquelles les Abeilles peuvent construire plus librement leurs rayons nous permet ensuite de préciser les points suivants : 1° les rayons ne sont pas obligatoirement plans et parallèles d'un bout à l'autre de la ruche ; ils peuvent être courbes ou former des angles entre eux ; 2° cependant, il existe toujours des régions où le parallélisme est respecté (fig. 38).

Ces observations semblent montrer que les *Abeilles cirières* peuvent travailler au début de leur installation, par groupes indépendants, en différents points de la ruche, mais qu'elles obéissent tout de même par la suite à des stimuli les incitant à créer des rayons parallèles.

Après avoir remarqué des rayons construits perpendiculairement aux autres, je les ai supprimés pour voir si des stimuli internes, ou externes, permanents, déterminent à coup sûr des constructions anormales. Au bout de quelques jours, de nouveaux édifices rempla-

cèrent les anciens à une place totalement différente puisqu'ils se trouvèrent parallèles aux autres rayons (fig. 39).

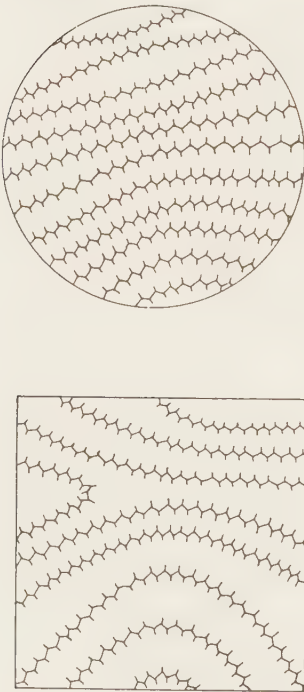


Fig. 38. — Le parallélisme des rayons observé au-dessous d'une ruche en paille et d'une ruche cubique sans cadre.

Donc, pour des raisons variables et accidentelles, des groupes d'Abeilles cilières indépendants s'établissent quelquefois dans un coin de la ruche pour y construire des rayons aberrants.

On peut penser que ces groupes se forment à la suite d'une instabilité mécanique de la forme de l'essaim. J'ai étudié ce problème précédemment et j'ai montré que l'essaim, comme le liquide, tend à établir en son sein un équilibre mécanique stable. Il est donc possible qu'à partir de certaines causes l'essaim au travail se trouve dans une situation telle qu'il est obligé

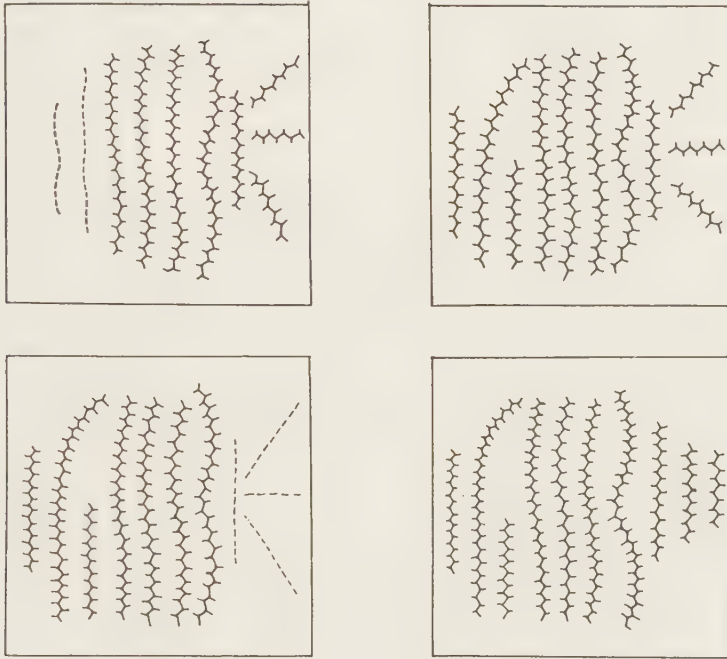


Fig. 39. — Les deux dessins supérieurs : suppression de deux rayons parallèles (lignes formées par de petits traits) pour connaître la technique de reconstruction. Les deux dessins inférieurs : suppression de quatre rayons dont trois sont anormaux dans le même but que précédemment.

de retrouver un équilibre perdu par une scission de plusieurs groupes travaillant chacun de leur côté. N'est-ce pas d'ailleurs ce que j'ai obtenu maintes fois expérimentalement en rompant « l'isotropie » de l'essaim au moyen de treillis de bois ?... Il est d'ailleurs très fréquent de rencontrer dans la ruche des pelotons d'Abeilles travaillant n'importe où en « francs-tireurs » : la cohésion de l'essaim n'est pas d'une rigueur telle qu'elle interdise la formation de groupes presque indépendants.

Un examen plus minutieux de la pose des assises de cire nous renseigne davantage sur la technique de construction des rayons chez les Abeilles. A cet effet, dans une ruche à cadres construits, j'ai remplacé un cadre du milieu par un autre sans cire gaufrée. J'ai même élargi la barre transversale de son sommet de façon qu'elle touche les cadres voisins.

Voici les résultats : 1° deux ou plusieurs assises peuvent être fixées simultanément ; 2° les assises sont souvent posées quelques millimètres trop près ou trop loin du rayon voisin ; 3° les constructions nouvelles ne sont pas obligatoirement dans des plans parallèles aux plans voisins. Dans certains cas, j'ai même vu sans cause apparente des constructions dans des plans perpendiculaires aux plans voisins (fig. 40).

Mais comment expliquer alors les espacements réguliers qui existent malgré tout dans les ruches ? Les constatations suivantes vont en rendre



Fig. 40. — A gauche : les Abeilles courbent un rayon dont l'ébauche est fixée à une distance inférieure à la normale ; les parois des cellules sont allongées du côté droit, correspondant à une distance anormalement grande. A droite : une ébauche de cire édifiée dans un plan perpendiculaire au plan des rayons voisins construits est tordue afin de rétablir le parallélisme.

compte : 1° les constructions qui vont se développer sur les assises placées trop près ou trop loin des rayons voisins subiront une courbure qui les situera à la distance normale entre chaque cadre. A la fin de la construction du rayon, la courbure disparaît, cachée par les parois des cellules dont les orifices sont sur un même plan ; 2° les rayons fixés aux assises, dont les plans forment des angles plus ou moins grands avec les gâteaux voisins, vont subir une torsion en cours de construction, les plaçant, eux aussi, dans un plan parallèle aux rayons voisins. Cependant, *cette retouche disparaît bientôt*, parce que les Abeilles sculptent à nouveau la cire pour uniformiser les cellules de cette région (fig. 40 ; Pl. photo V, 1).

B. — RETOUCHES DE RAYONS CONSTRUITS ET DE PLAQUES DE CIRE GAUFRÉE.

Mais quel sera le comportement des Abeilles cirières lorsqu'elles vont être obligées de se servir d'un substrat imposé ? A cet effet, j'ai introduit au milieu de la ruche deux plaques de cire gaufrée formant un angle. Les Abeilles ont, d'une part, allongé les parois des cellules afin que les ouvertures se trouvent à peu près dans un même plan. Elles ont, d'autre part, élargi le rayon ainsi formé de manière à retrouver le parallélisme avec les rayons voisins. *Elles se sont uniquement occupées du plan des orifices des cellules et non de leur profondeur* ; cette dernière paraît donc être sujette à une régulation que dans des cas exceptionnels : les cellules de l'arête de l'angle dièdre précédemment formé sont quelquefois creusées pour rétablir

une profondeur normale. Comme à l'accoutumée, la régularité des formes des cellules est obtenue par la disposition plus ou moins anormale des parois (fig. 41). J'ai écarté deux parties de rayon dans le sens horizontal et dans un plan perpendiculaire à celui des orifices de leurs alvéoles.

Celles-ci ont été ou-
dées à nouveau sans
déplacement et les
parois allongées par
des apports de cire,
afin que les bords
des cellules de cha-
que face soient sur
le même plan. On
obtient ainsi des cel-
lules anormalement
profondes (fig. 42).

*Quelques expé-
riences nous rensei-*

gnent sur l'ampleur des remaniements des rayons de cire anormalement placés. La première consiste à coller perpendiculairement au plan un morceau de rayon vertical en haut du cadre. Rappelons qu'on a enlevé la cire du cadre jusqu'à 13 cm du sommet ; le morceau de rayon laisse au-dessous de lui un espace vide de 5 cm. Pendant un certain temps

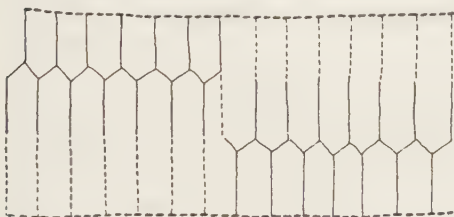


Fig. 42. — En général, la profondeur des cellules est assez variable. Deux rayons, vus par-dessous, construits en partie, ont été déplacés horizontalement l'un par rapport à l'autre. Les pointillés représentent les nouvelles constructions.

la construction de bas en haut semble arrêtée (je n'ai pas pu voir ce travail terminé, après plusieurs mois). Le morceau de rayon a d'abord été travaillé, sculpté à nouveau et poursuivi lentement (fig. 43).

Dans la deuxième expérience, après avoir retiré 15 cm de la base d'un rayon, j'en ai fixé un autre morceau au sommet du cadre, dans un plan horizontal, perpendiculaire au plan des bâtisses inférieures, de telle sorte que l'axe de ses cellules soit normal à l'axe des constructions ordinaires. Les Abeilles ne se sont véritablement occupées de la partie rapportée que lorsqu'elle a été rejointe par les édifices du dessous, construits de bas en haut. Elles ont alors totalement et progressivement modifié la structure de cette pièce bâtie en arrachant des miettes de cire, en les déplaçant, en les soudant ailleurs. Ainsi les ouvertures des cellules ont été transférées sur les côtés. Les Insectes ont même poussé le raffinement jusqu'à alterner les orifices et à leur donner le plus possible leur forme normale. Je n'ai pas attendu la fin de cette expérience, mais je suis certain qu'un observateur

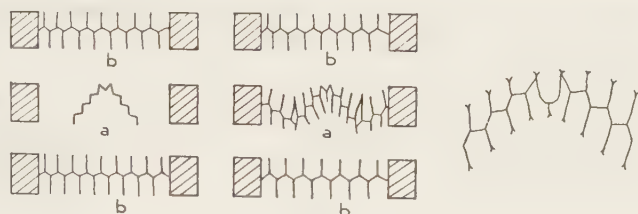


Fig. 41. — Recherche du parallélisme.

a, deux feuilles de cire, vues par-dessous, sur le haut d'un cadre, forment un dièdre ; *b*, les rayons construits voisins. Le dernier dessin de droite nous montre que la profondeur de quelques cellules peut être sujette à une régulation.

non averti n'aurait pu distinguer cette partie autrefois anormale avec le reste du rayon (fig. 43 ; Pl. photo VI, 1).

A ce point de notre exposé, nous pouvons formuler cette règle de la construction : *les Abeilles retouchent les cellules ou les rayons de façon à*

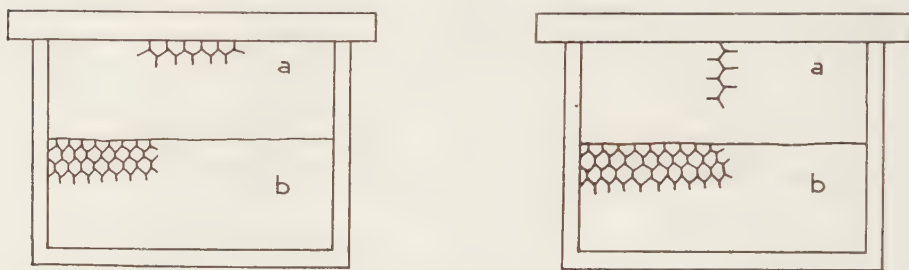


Fig. 43. — A gauche : dans un cadre de hausse Dadant, un morceau de rayon bâti (a) est fixé à la barre transversale du haut dans un plan horizontal perpendiculaire au plan normal de la construction (b). A droite : ce dessin représente une expérience semblable, mais, ici, le morceau de rayon construit est fixé dans un plan vertical et perpendiculaire au plan normal de la construction.

maintenir la plus grande régularité possible dans la forme des cellules et le parallélisme des rayons.

II. — Le parallélisme et l'équidistance des rayons : analyse détaillée.

A. — INFLUENCE DU RAYON VOISIN.

On peut se demander si ce sont les rayons voisins du rayon en construction qui induisent le parallélisme.

Pour vérifier cette hypothèse, il suffit de reprendre les expériences où je fixe sur un couvre-cadres un treillis formé de planchettes 5×5 situées à 5 cm les unes des autres.

J'ai signalé les nombreuses attaches sur la surface du couvre-cadres ; je dois mentionner aussi les constructions de rayons dans tous les plans possibles à l'intérieur des parallélépipèdes. Sur divers rayons en construction, les groupes d'Abeilles cirières privées de contact entre elles au départ édifient des rayons dans n'importe quelle direction. Lorsqu'ils commencent à dépasser les bords du treillis, elles leur redonnent des directions parallèles par des moyens les plus divers : torsions, courbures. Les parois de bois des parallélépipèdes interrompent la communication entre les groupes d'Abeilles cirières au travail sur les sommets des languettes de cire en plein développement (fig. 10 ; Pl. phot. I, 1).

Mais qu'advient-il des rayons si le treillis précédent est attaché non plus au couvre-cadres, mais à 5 cm du plafond ? Des bâtisses parallèles se dessinent immédiatement entre le couvre-cadres et les bords des parallélé-

pipèdes ouverts. Toutefois, à nouveau à l'intérieur du treillis, les plans des rayons semblent ne plus obéir à cette loi du parallélisme, mais subissent des torsions plus ou moins accentuées. Ils retrouvent le parallélisme à la sortie du treillis et redeviennent presque semblables à ceux de la base (fig. 10).

L'information nécessaire à l'établissement du parallélisme entre les rayons doit donc s'établir à la hauteur du sommet du rayon en construction, qui est d'ailleurs, nous l'avons vu, la zone sensible où les Abeilles interviennent le mieux dans les régulations de la forme des rayons.

B. — INFLUENCE DE LA CIRE FAÇONNÉE EN CELLULES.

J'ai introduit à l'intérieur d'une ruche, entre deux rayons, un cadre portant une lame de cire gaufrée légèrement décalée par rapport au plan médian. Les Abeilles l'étirent en le ramenant dans ce plan (fig. 44).

J'ai repoussé le rayon ainsi construit pour qu'il reprenne sa position antérieure, proche du rayon voisin. Les Abeilles n'arrivent plus à l'écartier ; dans ces expériences, ce n'est pas par traction sur des rayons déjà construits que s'opère la régulation, elle ne joue qu'au cours de la construction et non après.

On peut se demander encore de quel côté s'effectue cette régulation puisqu'une dissymétrie est créée dans les expériences précédentes. Est-ce la distance anormalement grande entre deux rayons voisins ou la distance anormalement petite qui la déclenche ? En rapprochant ou en écartant ces rayons, il est aisé de voir que seule la présence d'un rayon anormalement proche amène la déviation en sens opposé, alors qu'au-delà de l'écart normal les variations de la distance du rayon le plus éloigné n'ont aucune influence.

Rappelons que j'ai signalé ce phénomène lorsque j'ai montré comment le « plan de symétrie » d'un rayon pouvait se courber sous l'action d'un bombement sur le rayon voisin.

Notons aussi que la régulation n'existe plus lorsque, de chaque côté du rayon en construction, le rayon immédiatement voisin fait défaut, car les autres rayons sont trop éloignés pour induire une régulation.

Cependant, les apiculteurs citent un phénomène curieux et courant au moment de la miellée : l'allongement des cellules des hausses dont les cadres sont placés intentionnellement à plus grande distance que la normale. J'ai obtenu des résultats semblables lorsque, dans les expériences précédentes, une face d'un morceau de cire gaufrée se trouvait à une distance anormalement grande d'un rayon construit en face : les cellules montraient des

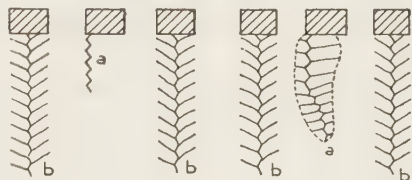


Fig. 44. — Expérience sur le parallélisme des rayons. A gauche : un morceau de cire gaufrée (a) est fixé à une distance anormalement proche d'un rayon construit voisin. A droite : résultats.

parois plus longues qu'à l'ordinaire. De plus, les alvéoles opposés s'allongeaient dans leur direction de telle manière qu'un rayon, auparavant normal, présentait à son tour des bombements parasites (fig. 45).

De ces faits, nous pouvons déduire cette règle : si c'est nécessaire, *les Abeilles établissent normalement le parallélisme par des retouches successives des rayons au cours de la construction, sauf dans le cas où un substrat immuable leur est imposé. Ce sont alors les parois des cellules qui leur servent à rétablir la distance standard entre les rayons.*

Mais à quoi correspond cette distance ? Il n'y a pas véritablement de distance standard entre les centres des rayons, mais, plutôt, un minimum et un maximum d'écartement où peut se fixer un rayon normal. Si ce fait avait été suffisamment mis en lumière au début du siècle, il n'y aurait jamais eu de querelles dans les revues apicoles entre tenants d'une distance standard ou d'une autre. Root nous dit qu'elle oscille entre 25 et 50 mm et qu'il prend comme mesure moyenne 34 mm. Nos constructeurs français espacent souvent les plaques de cire gaufrée de 38 mm dans le corps de la ruche et de 42 mm dans les hausses. *Dans mes expériences, les morceaux de cire gaufrée étaient soudés à une distance inférieure ou égale à la distance standard minimum de Root.*

C. — INFLUENCE DE LA CHAÎNE CIRIÈRE.

D'autres expériences vont maintenant nous fournir la réponse à cette question : est-ce la présence d'une paroi de cire ou d'une « *paroi d'Abeilles* » qui induit la courbure des rayons proches ? Il semble que ce soit la cire, car, si l'on recouvre de carton ou de plastique la face du rayon la plus rapprochée de la cire en construction, la courbure se forme vers ces corps étrangers et non dans le sens opposé. Le carton est très rapidement déchiqueté. En revanche, ces mêmes matériaux, collés au rayon le plus éloigné, n'influent pas sur la régulation normale ; remarquons aussi qu'un manteau d'Abeilles recouvre le rayon le plus voisin dissimulé par la plaque de carton ou de plastique (fig. 45).

Cependant, si j'enduis de cire l'écran interposé entre le rayon en construction et le rayon le plus voisin, je n'obtiens pas la régulation escomptée. *Serait-ce la cire façonnée en cellules qui est à l'origine du parallélisme des rayons ?*

Deux expériences cruciales confirment cette hypothèse : 1° la simple présence d'une fenêtre de 1 cm² dans le carton ou le rhodoïd, permettant la perception des cellules ainsi découvertes, induit la courbure normale ; 2° le remplacement de ces matériaux par un large écran de toile métallique, ayant à peu près les dimensions du cadre, donne la régulation normale.

Si la cire façonnée en cellules est à l'origine du parallélisme des rayons, *il nous est assez facile maintenant de déterminer les stimuli en action dans ce phénomène.* Les stimuli visuels sont à éliminer, puisque la ruche est obscure. Il en est de même des ultra-sonores, provenant d'un écho hypothétique

produit sur la cire, puisque celle-ci est recouverte d'Abeilles sans cesse en mouvement. Les stimuli olfactifs ne doivent certainement pas entrer en ligne de compte, après l'expérience de l'écran enduit de cire : d'ailleurs, même sans ces études, il est bien probable qu'ils jouent un rôle, puisque l'odeur de la cire imprègne toute la ruche. *Il reste donc les stimuli tactiles.*

Une Abeille en train de travailler sur un rayon est trop petite pour atteindre avec l'un de ses appendices le rayon voisin. Dans ces conditions, les travailleuses vont-elles à chaque fois qu'elles construisent prendre des repères sur le rayon opposé, même après avoir contourné les écrans qui, dans certaines expériences, divisent la ruche en deux parties ? Cela paraît bien improbable. En outre, si les Abeilles se déplaçaient ainsi, on assisterait à un va-et-vient incessant d'un rayon à l'autre, dans les zones de construction ; il n'en est rien, car elles sont caractérisées par le calme le plus absolu (Pl. phot. VIII, 1 et 3).

Comme précédemment, il vaut encore mieux faire appel au rôle de l'information circulant par le canal des chaînes cirières, fortement anastomosées d'un rayon à un autre : celle-ci prendrait son origine à partir des stimuli de la cire façonnée en cellules.

Citons encore HUBER : « L'expérience nous apprend qu'on ne voit point les Abeilles commencer çà et là différents blocs de cire en même temps. Une seule ouvrière place les matériaux dans une direction qui lui paraît convenable ; elle part, une autre la remplace, le bloc s'élève, les Abeilles sculptent alternativement sur les deux faces ; mais à peine quelques rangs de cellules sont-ils construits qu'on aperçoit deux autres blocs semblables au premier, établis à une égale distance et dans une direction parallèle à la sienne, l'un vis-à-vis de sa face antérieure, l'autre de sa face postérieure... »

Il y a un parallélisme, certes, là encore, le comportement constructeur qui l'a instauré n'est pas du tout stéréotypé, comme semble l'indiquer HUBER ; il comprend, au contraire, tout un ensemble de régulations qui permettent aux Insectes de corriger les *trop grands écarts* à cette loi innée du parallélisme. Il faut donc évoquer ici, comme au chapitre précédent, l'intervention d'un autoconditionnement entre les divers groupes d'Abeilles au travail, par laquelle l'information ne livre que des probabilités de fonctionnement. On comprend aussi les raisons de la structure des grappes cirières à l'intérieur du nucleus transparent, dont les bâtisses en développement sont perpendiculaires aux vitres. En effet, les Abeilles des zones sensibles des rayons (les sommets) sont en relation entre elles au moyen de compagnes attachées en chaîne les unes aux autres. *Cette structure*

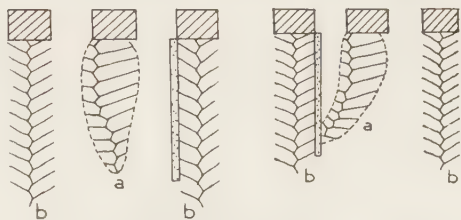


Fig. 45. — Expériences sur le parallélisme des rayons. Forme d'un rayon (a) lorsque l'obstacle (écran opaque) est collé sur un rayon opposé (b). L'obstacle est très loin (à gauche) ou très près (à droite) de la cire gaufrée initiale.

semble d'ailleurs propre à cette zone des rayons par la densité des Abeilles et par la forme des chaînes cirières plus épaisses et fortement anastomosées d'un rayon à un autre. En revanche, si les parties éloignées des sommets des rayons possèdent des liaisons, elles semblent beaucoup plus ténues et moins fréquentes. *Les sommets des rayons paraissent en quelque sorte « les zones directrices » d'où partent les régulations des formes des rayons et de leur ordonnance dans la ruche. Enfin, chacune d'elles, sur chaque rayon, est en relation intime avec les cirières des bords verticaux tant que l'édifice est en développement latéral.* Ainsi toute perturbation aux sommets des rayons crée une ou plusieurs zones de croissance qui tendent à rétablir la zone sensible initiale : par exemple, le blocage de la construction au sommet d'un rayon par une baguette horizontale fait surgir deux zones sensibles nouvelles sur les côtés (aux protubérances). A leur tour, elles se modifient peu à peu pour fusionner enfin avec la zone sensible initiale.

CHAPITRE VIII

LA PHYSIOLOGIE DE L'ESSAIM DANS SA FONCTION CONSTRUCTRICE

Les travaux de LECOMTE (1952), de PAIN (1953) et de BUTLER (1954) fournissent quelques lumières sur cette question. Tous ont mis l'accent sur le rôle primordial de la reine dans la ruche : LECOMTE montre son rôle attractif, PAIN, l'existence d'une hormone inhibitrice des ovaires, BUTLER, la présence d'une substance arrêtant la construction des cellules. Les mêmes avec CHAUVIN (1952), LAVIE et ROTH (1953) ont démontré la nécessité d'un nombre suffisant d'Abeilles (« nombre limite ») pour voir apparaître des activités sociales telles que la thermogenèse, le développement ovarien, l'interattraction et la survie.

I. — Le rôle de la reine dans la construction cirière.

A. — ÉTUDES EN NUCLEUS DU NOMBRE LIMITE : DES CONSÉQUENCES DE LA PRÉSENCE OU DE L'ABSENCE DE LA REINE.

J'ai donc commencé à chercher le nombre d'Abeilles indispensable pour constater un début de construction et d'étirage. J'ai utilisé les nuclei dans les conditions signalées au début de cette étude.

A la suite des chapitres précédents, une distinction s'imposait entre l'étirage et la construction proprement dite. Je parle d'« étirage » lorsque les Abeilles ne construisent pas en dehors des limites de la cire gaufrée qui leur est offerte. S'il y a dépassement, ou bien lorsque ces Insectes bâtissent sans support de cire, il s'agit de « constructions ».

Les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau ci-après (tableau VI).

Un point important peut être mis en évidence : le nombre limite d'Abeilles constructrices est moins important avec une reine féconde ; il augmente graduellement avec une reine vierge, puis une reine morte, pour atteindre le maximum en l'absence de reine.

On note également certaines particularités. *L'étirage peut s'observer avec un nombre plus faible d'Abeilles (25 à 50),* alors que la construction proprement dite ne survient certainement qu'à partir de 50. Enfin, on peut affirmer qu'*aucune construction n'apparaît en nucleus dans mes conditions d'expérience lorsque les Abeilles, quel que soit leur nombre, se trouvent*

TABLEAU VI. — ÉTIRAGE. — CONSTRUCTION.

NOMBRE D'ABEILLES.	SANS REINE.	REINE MORTE.	REINE VIERGE.	REINE FÉCONDE.
0 à 25	Néant.	Néant.	Néant.	Néant.
26 à 50	Néant.	Néant.	Léger étirage.	Léger étirage. Construction douteuse.
51 à 75	Néant.	Néant.	Construction à l'envers.	Construction à l'envers.
76 à 100	Néant.	Néant.	Construction à l'envers.	
101 à 200	Très léger étirage. Aucune construction.	Étirage.		Construction à l'envers.
201 à 300	Très léger étirage.	Construction.	Construction.	
301 à 400	Très bel étirage. Aucune construction.	Construction.		
401 à 500	Très bel étirage.			Construction.
501 à 600	Aucune construction.			
601 à 700				
701 à 800				
801 à 900				Construction et ponté.
901 à 1 000	Aucune construction.			

orphelines. Il n'en est pas de même pour l'étirage qui, faible avec 100 Abeilles, peut se développer à partir de 300 orphelines (tableau VI).

Il est apparu, dans une série d'expériences, que des *Abeilles orphelines ont construit*, comme si elles avaient été pourvues d'une reine. Cette construction, dans mes cagettes à expériences, coïncidait avec l'édification de nombreuses cellules royales dans les boîtes d'élevage de jeunes Abeilles. Ce fait pose certainement des problèmes que je n'ai pas encore éclaircis : *l'action de la larve ou de la nymphe royale vivante, l'action de la nutrition sur les ouvrières cirières*.

B. — ÉTUDES SUR LES RUCHES EN PLEIN AIR.

On connaît déjà la rapidité avec laquelle un essaim normal étire ses premières assises de cire : en quelques jours, si le temps est favorable, dix cadres d'une ruche Dadant peuvent être bâtis.

D'autre part, on sait qu'un essaim secondaire, qui, en principe, contient une reine vierge, possède aussi la même activité cirière.

De plus, l'examen de nombreuses ruches orphelines m'a prouvé qu'aucune véritable construction n'est entreprise tant que dure l'élevage de la reine. Ce n'est qu'à l'apparition de la nouvelle reine qu'on assiste à un renouveau de l'activité constructrice.

Or, là encore, la pratique courante, devant les expériences systématiques, utilise la construction comme test de l'état d'une colonie. Des apiculteurs allemands suivent en effet la méthode PACHKE qui consiste à surveiller l'état d'une population d'Abeilles par l'observation d'un cadre de 3 dm², garni de cire gaufrée (Baurahmen). Celui-ci, fixé au fond d'une ruche de dix cadres, est visible à travers une plaque de verre obturée normalement par un volet. Il renseigne les apiculteurs sur la présence dans la ruche d'un trouble quelconque, lorsqu'en période de miellée et de construction il n'est pas rapidement bâti. Je crois d'ailleurs que les observations fournies jusqu'à maintenant ou que je présenterai à l'avenir me permettront d'étendre davantage les renseignements suggérés par ce « cadre témoin ».

Favorisé par la chance, il m'a été permis d'observer la naissance d'une reine et de savoir ainsi au bout de combien de jours exactement se déclenchent les premières ébauches des nouvelles bâtisses. Si l'absence de la reine est vite signalée (en moins d'une demi-heure, comme l'a prouvé BUTLER), inversement on peut croire que sa présence est aussi rapidement perçue. *Pourtant, je n'ai découvert de véritables constructions que cinq jours après cette naissance.*

Citons RÉAUMUR : « Mais il m'a paru curieux de savoir si des Abeilles privées de leur mère pourraient être sensibles à l'espérance d'en avoir une autre un jour, et ce que cette espérance pouvait sur elles ; je veux dire que j'ai imaginé de loger des Abeilles dans une ruche où il n'y aurait point de mère, mais où il pourrait en naître par la suite. Pour faire entendre

comment j'ai pu faire cette expérience, je dois dire au moins ce qui sera expliqué dans un autre mémoire... Je chassai des Abeilles d'une ruche qui était très peuplée, et je les fis passer dans une autre... » RÉAUMUR place dans cette ruche plusieurs cellules royales avec des mâles et 1 500 ouvrières sans reine, et observe le comportement de cet essaim : « Le plus gros des groupes qu'elles formaient était autour de deux cellules fermées, qu'elles semblaient couvrir, tenir aussi chaudement qu'il leur était possible la nymphe renfermée dans chacune de ces cellules. Enfin, dès le lendemain, je vis qu'elles avaient fait de l'ouvrage, peu à la vérité, mais des mouches qui eussent été sans espérance n'en eussent pas fait du tout... Le travail alla assez mollement pendant deux à trois jours... » Puis RÉAUMUR signale « l'explosion » de la construction, que j'ai rapportée moi-même plus haut.

On peut faire plusieurs objections à RÉAUMUR. La principale peut se résumer ainsi : peut-il affirmer que la construction s'arrête immédiatement après la disparition de la reine ? Je ne le crois pas ; au contraire, tout m'invite à penser que l'action de la reine disparue peut se faire sentir plusieurs heures sur les Abeilles cirières par l'intermédiaire d'une substance qu'elles reçoivent (voir plus loin). Remarquons seulement que RÉAUMUR *aurait dû attendre plusieurs jours d'orphelinage avant d'introduire ses cellules royales.*

Mais j'ai moi-même observé de faibles constructions en présence de cellules royales : raccords des cellules greffées, légères consolidations des gâteaux, faibles étirages des feuilles de cire gaufrée pour les coller aux montants des cadres, arrondissements des coins. Cependant, je n'appelle pas cela un travail social, pas plus que MEYER pour qui ces travaux sont des *Kleinbauerbeiten*. J'en ai pour preuve les résultats d'expériences en cagette dans lesquelles, maintes fois, des Abeilles orphelines ont consolidé ou arrondi les rubans de cire qui y étaient scellés.

La plupart des apiculteurs veulent contrôler les essaimages de leurs ruches ou les provoquent artificiellement. Suivant leurs préférences, ils adoptent différentes méthodes de prévention de l'essaimage : un grand nombre consiste à isoler la reine dans un coin de la ruche au moyen de tôles perforées ou simplement de l'extraire pour la réintroduire quelques semaines plus tard. Dans ce dernier cas, on observe un très bel étirage des cadres (peut-être même des constructions) pendant l'élevage des nouvelles reines. Notons toutefois qu'on n'utilise plus guère l'orphelinage complet qui affecte trop l'activité générale de la ruche.

Il y a aussi l'expérience de certains producteurs de gelée royale. Mon collègue VUILLAUME, en particulier, découvre couramment des constructions dans ses nuclei d'élevage sans reine, à quatre cadres *Dadant*, dont deux comprennent du couvain naissant sans cesse renouvelé, un autre les cellules royales, le dernier du sirop mais pas de reine. Ces nuclei contiennent 1 kg d'Abeilles environ. Ceci confirmerait que la *présence des cellules royales joue, dans la construction, un rôle faible peut-être, mais réel.* Pourquoi, alors, les Abeilles n'ont-elles pas construit au cours de mes propres expériences ? Le nombre

des cellules royales n'interviendrait-il pas ? Dans les nuclei de VUILLAUME, le cadre en contient plusieurs dizaines, alors que, dans mes ruches, on ne pouvait en compter que quatre ou cinq.

Cependant, mon collègue me signale *la présence fréquente d'ouvrières pondeuses dans ses nuclei. Ne sont-elles pas les véritables responsables de ces anomalies ?* Je commence à le croire à la suite des observations suivantes : après un transvasement de ruche dans une hausse *Dadant*, un essaim s'est trouvé privé de sa reine. D'autre part, la présence de nombreux œufs dans une même cellule me confirme l'existence d'ouvrières pondeuses. *Or, dans ce cas, j'ai observé un développement régulier des constructions de cire. En outre, il semble que l'administration de fortes doses du sirop aux Abeilles orphelines permet, dans certains cas, l'obtention de petites constructions sociales.*

Nous verrons dans la suite l'importance de ces constatations.

C. — LA PRÉSENCE D'ŒUFS ET LA CONSTRUCTION.

La construction ne débute-t-elle pas lorsque la nouvelle reine commence à pondre ? Certainement pas, car, deux fois, j'ai observé des édifices nouveaux trois jours seulement après la venue des premiers œufs.

La présence d'œufs n'induit donc pas directement la construction.

D'autres faits devaient confirmer ces observations. Ainsi, j'ai introduit simultanément dans une ruche de population moyenne, orpheline depuis cinq semaines, un cadre de cire gaufrée et un cadre d'œufs et de couvain de tout âge. J'ai nourri la ruche avec un sirop dilué. Aucune construction n'a pu être décelée pendant treize jours, pourtant de jeunes cirières naissaient du cadre introduit.

J'ai encore supprimé la reine d'une ruche très populeuse, j'y ai placé un cadre de cire gaufrée. La construction n'a recommencé qu'après la naissance de la nouvelle reine. Pourtant, des œufs et des larves se trouvaient au début dans la ruche.

Enfin, les Abeilles dans mes cagettes construisent sans œufs.

En conclusion, on peut dire que *la présence de la reine est primordiale pour le développement de la construction, mais non celle de ses œufs.*

RÉAUMUR, de son côté, a divisé une ruche en deux essaims, un petit avec une reine et un gros sans reine : « Aussi, quoique le nombre des ouvrières fût grand, quoiqu'elles ne parussent aucunement songer à quitter leur habitation, six jours se passèrent sans qu'elles y eussent fait aucun ouvrage, sans qu'elles y eussent fait aucun alvéole. Pendant ces six mêmes jours, les compagnes dont elles avaient été séparées, quoiqu'en très petit nombre, quoique mises dans une ruche qui ne leur plaisait point, et qu'elles abandonnèrent plusieurs fois, ne laissèrent pas d'y travailler... Pour voir si je ne ranimerais pas mes mouches qui étaient restées six jours dans l'inaction, je les fis passer dans une nouvelle ruche, dans un panier tel que ceux où l'on loge le plus ordinairement les Abeilles. Elles y furent encore plus tran-

quilles qu'elles ne l'avaient été dans leur première demeure. Quoique le jour suivant fût chaud et beau, aucune d'elles ne s'avisa de sortir... On peut donc regarder comme une vérité bien constante que les Abeilles cessent tout travail, qu'elles ne songent plus à l'avenir dès qu'elles n'ont plus de mère. »

RÉAUMUR donne une explication anthropomorphique de ce comportement des Abeilles, « le seul amour de la postérité ». Or, cette raison ne suffit pas puisque des Abeilles orphelines en présence d'œufs ne construisent pas, alors que des reines vierges déterminent une construction cirière à l'instar des reines fécondes.

Les œufs ne sont pas la cause directe de la construction. La reine seule est directement responsable.

D. — RYTHMES D'ACTIVITÉ DANS LA CONSTRUCTION CIRIÈRE.

A la suite de ces expériences, je me suis demandé si les Abeilles possèdent aussi un rythme d'activité constructrice. STEINER (1932) avait d'ailleurs

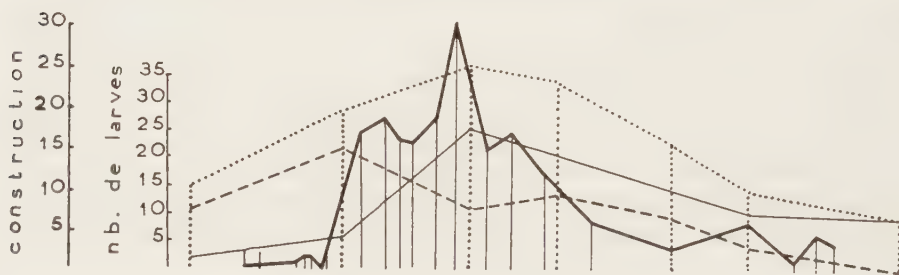


Fig. 46. — Activité des Guêpes.

——, activité constructrice; ———, nombre de larves âgées dont la cellule doit être allongée; , nombre de jeunes larves; ————, nombre moyen de larves (STEINER, 1932).

démonstré que le rythme de la construction suit celui de la ponte chez un hyménoptère, la Guêpe.

Je n'ai pas encore eu le temps de répéter ces mêmes expériences avec l'Abeille. Mais on sait déjà que ce rythme existe aussi chez elle.

Un cadre de cire gaufrée déposé au début du printemps dans une ruche populeuse présente des signes de construction assez tardivement lorsque la ponte de la reine est très avancée. *Il y a un retard de la construction par rapport à la ponte.* On peut d'ailleurs observer un fait analogue sur le graphique de STEINER. Mais la cause en est-elle semblable ? Chez l'Abeille, en tout cas, l'absence ou le petit nombre d'ouvrières cirières au début de la nouvelle année peut empêcher une évolution simultanée de la ponte et de la construction.

De plus, l'activité constructrice ne suit pas exactement, en fin de saison, la courbe de la ponte, car elle s'arrête bien avant elle. Il semble, d'après

STEINER, que le comportement des Guêpes constructrices soit identique (fig. 46).

Il peut donc y avoir des œufs sans construction et, en revanche, des constructions sans œufs. J'ai observé les mêmes faits dans les nuclei. D'ailleurs, les essaims construisent les premiers rayons avant d'être en présence d'œufs.

On commettrait une grosse erreur de croire à la dépendance de deux facteurs lorsque les courbes qui les expriment sont parallèles. Je pense,

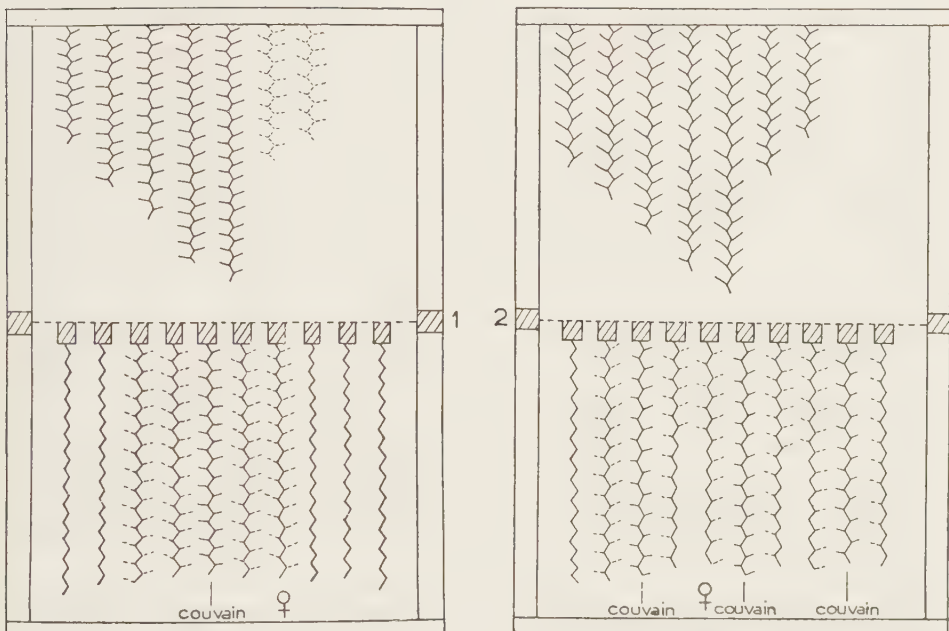


Fig. 47. — Rôle de la reine et du couvain dans les constructions.

A et B, deux corps de ruches Dadant superposés, vus de profil, séparés par une grille à reine ; ———, la cire gaufrée ou la cire construite ; - - - - - , l'étirage des cires gaufrées ; , les nouvelles constructions ; ♀, la ruche dans laquelle se tient la reine féconde.

au contraire, que les deux courbes (ponte et construction) dépendent toutes les deux d'une même source qui est l'état physiologique de la reine à une époque donnée. Mais nous le comprendrons mieux encore dans la suite.

En fin de saison apicole, en octobre, des cagettes bien nourries en présence d'une reine ne présentaient même plus une activité constructrice. Est-ce une loi générale ? Pourquoi cet arrêt ? Assiste-t-on à une sorte de diapause dans la construction, alors que la sécrétion cirière s'effectue toujours ? Des expériences ultérieures tâcheront de rendre compte de ce comportement hivernal.

Bref, ces dernières constatations abondent encore dans le sens de notre précédente affirmation : les femelles fonctionnelles, reines ou ouvrières pondeuses, ont le rôle primordial dans la construction cirière.

E. — EXISTENCE DE CENTRES DE CONSTRUCTION DANS LA RUCHE.

Si le parallélisme ponte-construction n'est pas rigoureux, s'il dépend d'une source unique, on doit, malgré tout, reconnaître que des liens existent entre le couvain et la construction. Ce sont même eux qui peuvent constituer des causes d'erreurs, comme ils l'ont été pour RÉAUMUR.

J'ai retiré la reine d'une ruche Dadant (A) (Fig. 47,1) que j'ai posée au-dessus d'une autre (B), remplie de cire gaufrée et d'un rayon de couvain. J'ai séparé ces deux ruches par une grille à reine ; en B, j'ai enfin introduit la reine. En A, la construction a été arrêtée progressivement, tandis qu'elle se développait assez en B.

En A, la construction s'est poursuivie pendant environ une dizaine de jours, mais peu rapidement. Deux cadres étaient construits et garnis de larves, à côté du cadre de couvain que j'avais introduit au début en B.

Donc, d'une part, le couvain de A a attiré la reine et les cirières puisque des constructions nouvelles l'entourent, et, d'autre part, la construction en B s'est poursuivie à peu près jusqu'à la nymphose des œufs pondus au dernier moment par la reine.

Bref, les gonades femelles fonctionnelles sont indispensables dans une ruche, mais non utiles sur les lieux mêmes de la construction. D'ailleurs,

A l'intérieur d'une ruche Dadant, vue de profil, deux compartiments sont formés au moyen d'une grille à reine ; ———, la cire gaufrée ou la cire construite ; - - - - - , l'étirage ; ♀, la ruche où se trouve la reine féconde.

cette affirmation est encore corroborée par une simple constatation : au moment de la miellée, les Abeilles cirières construisent dans les hausses, où la reine ne vient pas.

En outre, la présence du couvain peut être à l'origine d'un centre de construction. J'ai séparé les trois cadres précédents couverts de couvain et je leur ai donné les positions 3, 6, 9 dans une ruche Dadant de 10 cadres, pourvue de sa reine. Deux jours après, les cadres 2, 4, 5, 7, 10 montraient la présence de constructions sans œufs (Fig. 47,2).

On peut objecter que la reine s'est peut-être déplacée sur les cadres de couvain.

J'ai donc isolé dans une autre ruche trois cadres construits, une reine et des Abeilles, au moyen d'une tôle perforée ne laissant passer que les ouvrières (A). Dans la partie B restante, je dépose un cadre de couvain de tous âges à l'opposé de A. Très rapidement, je découvre des constructions sur les cadres entourant ce dernier (fig. 48).

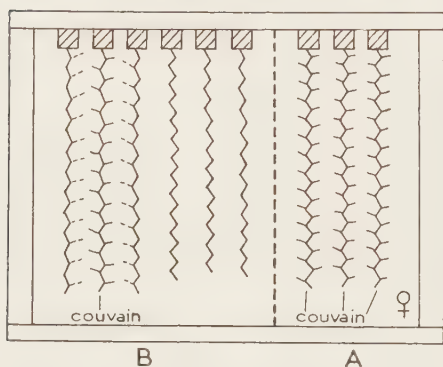


Fig. 48. — Rôle du couvain dans les constructions.

Le couvain polarise donc l'édification des cellules, sans doute par une chimiotaxie ou par une thermotaxie. Il serait donc intéressant de vérifier si le couvain, les centres thermiques et les centres de construction coïncident.

F. — RELATIONS ENTRE L'APPORT EN MIEL OU EN SUCRE ET LA CONSTRUCTION.

Les apiculteurs n'ignorent pas que la production de la cire augmente ou diminue suivant la miellée.

J'ai utilisé ce fait pour essayer d'obtenir des constructions précoces et prolonger un peu la période d'édification des bâtisses, qui est très courte et coïncide à peu près avec la miellée. J'ai, en effet, distribué régulièrement du sirop de sucre à mes ruches soumises aux expériences afin qu'elles ne soient plus tributaires de la production du nectar.

Mais je me suis aperçu qu'il fallait tenir compte de l'état atmosphérique, surtout de la température, de l'air ambiant : la production de cire en dépendait étroitement, malgré le sirop fourni en abondance.

Comment s'exerce cette action externe ? Est-ce directement sur les ouvrières ? Est-ce indirectement en passant par la reine ? Ou bien est-ce par les deux voies ? Et comment s'exerce-t-elle malgré la régulation thermique de la ruche ?

Nous savons que la température de l'air a une grosse influence sur celle de la ruche. Il est encore possible que d'autres facteurs externes interviennent directement sur la reine. Je n'ai pu le prouver.

Cependant, le comportement social de construction existe toujours plus ou moins dissimulé par les facteurs externes.

G. — RELATIONS ENTRE L'ÉTAT PHYSIOLOGIQUE DE LA REINE ET LA CONSTRUCTION.

C'est surtout dans ce domaine qu'il faut rechercher l'origine des fluctuations de la construction des cellules.

La reine est-elle vieille ou est-elle en mauvais état, la construction se ralentit. Ce phénomène a été maintes fois signalé. Dans mes cagettes, un même nombre d'Abeilles, issues d'un même élevage entourant une reine différente, peut édifier des cellules ou s'en abstenir. En outre, il m'est encore arrivé de constater l'absence de construction au bout de douze jours avec une reine féconde, accompagnée d'une cinquantaine d'Abeilles. *Le simple changement de reine déclenche l'édification d'alvéoles dans les heures qui suivent son acceptation.*

Donc, on devra être circonspect dans l'interprétation des résultats en nuclei ; on devra non seulement s'assurer de l'état de santé de l'élevage, mais encore des caractéristiques de la reine. Le problème est difficile puisqu'une reine morte peut assurer une construction, alors qu'une reine vivante, même féconde, est incapable quelquefois d'en déterminer une.

La meilleure technique consiste à essayer les reines dans des nuclei témoins, avant de commencer l'expérience proprement dite.

Citons encore RÉAUMUR : « Nous avons prouvé que les Abeilles abandonnent tout soin de l'avenir, qu'elles ne travaillent plus quand elles n'ont pas parmi elles une mère, et je crois assurer à présent qu'elles mesurent leur travail sur la fécondité de la mère avec laquelle elles habitent. Il me paraît que j'en ai fait la preuve assez certaine cette année même. Entre mes ruches en panier, j'en remarquai une dont les Abeilles semblaient paresseuses. En faisant renverser cette ruche et en examinant ensuite son intérieur, de semaine en semaine, j'observai qu'elles n'augmentaient pas le nombre de leurs gâteaux, qu'elles n'agrandissaient pas ceux qui étaient faits, et cela dans une saison où les mouches des autres ruches faisaient le plus d'ouvrage. Après les avoir reconnues pendant plus de deux mois pour de mauvaises travailleuses, je les tirai de leur ruche pour les faire passer dans une autre. Elles avaient très peu travaillé ; elles en avaient une aussi, que je parvins à tenir dans la main par l'expédient qui sera expliqué dans la suite. Mais bientôt il me fut prouvé qu'elle était une mère peu féconde, car, dans les gâteaux que je tirai de cette ruche, je ne trouvai pas la centième partie de ce qu'il y avait dans d'autres ruches... Qu'on redonne une mère aux Abeilles qui étaient oisives, parce qu'elles avaient perdu la leur, les voilà déterminées à travailler, et cela proportionnellement à la fécondité de cette nouvelle reine. »

H. — RELATIONS ENTRE LA FIÈVRE D'ESSAIMAGE ET LA CONSTRUCTION.

Il existe, en outre, une relation intéressante entre la construction et la fièvre d'essaimage. Il est, en effet, assez connu que *le futur départ d'un essaim est annoncé par une diminution ou par un arrêt du travail de la cire à l'intérieur de la ruche*. On pourrait aussi parler d'une diminution du « travail » en général : les entrées et les sorties des Abeilles se font beaucoup plus rares, alors que les ruches voisines accusent une grande activité.

Or, si l'on admet la théorie de COLE suivant laquelle les causes de l'essaimage proviennent de la présence dans le nid à couvain d'un nombre excessif de jeunes Abeilles, aptes, par leur âge, à sécréter la cire, à construire les rayons et à faire mûrir le miel, on comprend pourquoi la construction se ralentit au moment de la fièvre d'essaimage : les cirières seraient les premières affectées par elle.

Cette hypothèse, s'appuyant sur de nombreux faits, cadre avec mes propres observations (voir plus haut) sur l'importance du nombre des Abeilles cirières dans le nouvel essaim. Elle permettrait, peut-être, d'expliquer ensuite la rapidité des constructions d'un nouvel essaim. Il faudrait ici étudier la proportion d'Abeilles d'âge différent dans un essaim.

Ces faits sont connus des apiculteurs allemands qui, dans la méthode *Paschke*, savent prévoir l'apparition d'un essaim trois semaines à l'avance, en observant le ralentissement de la construction du cadre témoin.

I. — APPLICATIONS PRATIQUES.

Il est certain que la méthode *Paschke* présente de gros avantages pour suivre la vie d'une ruche. Le cadre témoin est-il vite construit ? C'est le signe d'une grande vitalité dans la ruche et la présence d'un grand nombre d'Abeilles cirières, c'est peut-être aussi le présage d'un futur essaimage, si l'on n'y prend garde. En ajoutant une hausse ou en décongestionnant les rayons de couvain, il est possible de parer à cet inconvénient. Le cadre témoin grandit-il très lentement à côté des autres ? Le comportement des Abeilles nous renseigne sur les causes qui entrent en jeu ; une attitude nonchalante nous suggère l'existence d'un traumatisme, d'un vieillissement de la reine, ou d'une maladie de l'essaim, une attitude normale ou plus nerveuse, un début de fièvre d'essaimage. Le cadre grandit-il normalement après une période d'arrêt ? On peut invoquer un élevage royal ou la présence d'ouvrières pondueuses. Dans ces derniers cas, l'apiculteur doit être circonspect, veiller sur ses ruches et au besoin les ouvrir, pour connaître la véritable cause du comportement inhabituel de ses Abeilles : il lui sera possible alors de découvrir des cellules royales, du couvain malade, des ouvrières pondueuses.

J. — ANNEXE CONCERNANT L'ÂGE DES ABEILLES CIRIÈRES.

L'étude des Abeilles en nuclei permet enfin de suivre LINDAUER (1952) lorsqu'il pense, contrairement aux conclusions de ROSCH, que le travail de la ruche, celui de la cire en particulier, n'est pas entièrement tributaire de l'état anatomique et physiologique des Abeilles, mais plutôt des besoins de l'essaim. Il s'aperçut rapidement que les Abeilles pouvaient exercer à la fois plusieurs activités : nourrissage des larves et construction des rayons. L'état physiologique répondait en outre à ces observations : les glandes pharyngiennes et les glandes cirières coexistaient et fonctionnaient à la fois. Les dissections et les expériences de LINDAUER corroborent mes expériences : les Abeilles n'attendent pas d'avoir leurs glandes cirières complètement développées pour se joindre aux cirières plus âgées ; elles peuvent sécréter des lamelles au bout de deux à trois jours. *J'ai même remarqué assez souvent une activité cirière vraiment constructrice au bout de cinq à six jours.*

Je me sépare donc ici de MEYER et ULRICH qui travaillent dans des conditions différentes. D'après leurs travaux, les Abeilles de trois à neuf jours ne font qu'operculer le couvain en empruntant leur cire aux gâteaux déjà construits et celles de plus de dix jours effectuent la construction sociale du rayon. Personnellement, j'ai constaté couramment que les Abeilles très jeunes construisent en grappe de petits gâteaux de cire : leur rendement est faible certes, car il dépend surtout du petit nombre d'Abeilles contenues dans mes cagettes.

II. — La « substance » distribuée par la reine.

A. — SON EXISTENCE.

Les travaux de PAIN et BUTLER suggèrent une direction à prendre pour l'interprétation générale des résultats précédents.

PAIN (1951) a constaté que des Abeilles orphelines, encagées, nourries avec du pollen frais, présentent, au bout de dix jours de nourrissage, des ovaires développés. Avec une reine, rien de semblable ne peut être observé, les ovaires sont filiformes.

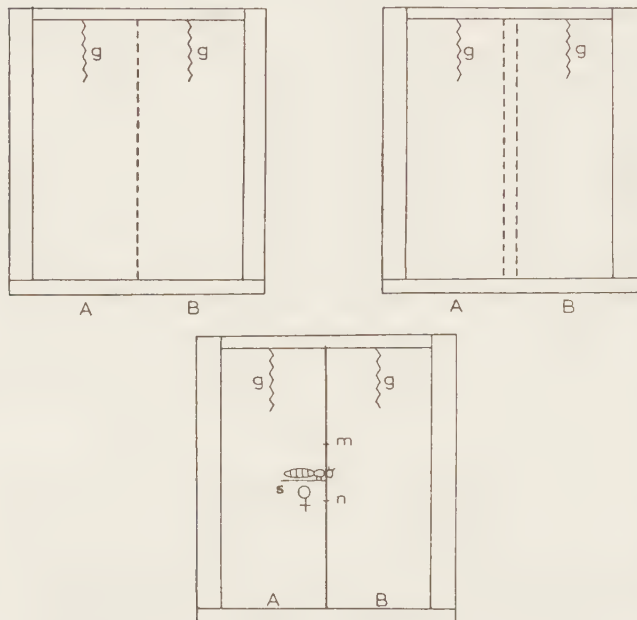


Fig. 49. — Rôle de la reine dans les constructions

Petits nuclei, vus de profil et séparés par un ou deux grillages à fines mailles. Le dernier dessin : une plaquette métallique remplace le grillage ; entre *m* et *n*, une membrane fine de caoutchouc est sertie et percée d'un orifice suffisant pour laisser passer une tête de reine ; *s*, support métallique ; *g*, cire gaufrée.

moindre Abeille de la ruche. Cette substance inhiberait la tendance des ouvrières à construire des cellules royales, de même qu'une hormone arrête le développement ovarien. Si la quantité de « substance royale » était insuffisante pour la population, en raison du vieillissement ou d'un traumatisme de la reine, il y aurait promptement un déclenchement de la construction des cellules royales.

Enfin, les expériences de NIXON et RIBBANDS montrent clairement que, très rapidement, une substance radio-active mélangée au sirop est transmise à toutes les Abeilles d'une ruche.

J'ai donc appliqué avec quelques modifications les techniques des

BUTLER (1954), comme PAIN, a remarqué, lui aussi, un léchage continu de la reine par les Abeilles : certaines parties du corps, en particulier l'abdomen, semblent plus attractives. Il démontre ensuite l'existence d'une certaine sécrétion de la reine, la « *queen substance* », distribuée de proche en proche, depuis les Abeilles de la « cour » jusqu'à la

auteurs précédents. J'accrole de petites cagettes, décrites plus haut, et j'interpose entre elles une toile métallique fine. Puis, je dépose une reine avec quelques Abeilles dans l'une et un nombre faible ou important d'Abeilles orphelines dans l'autre ; enfin, je fixe à leur sommet quelques cellules de cire gaufrée. Je nourris les Abeilles orphelines avec du sirop de sucre, la reine, entourée de ses suivantes, avec du candi et de l'eau (fig. 49).

Une première série d'expériences utilise six Abeilles avec la reine dans une cagette et plusieurs centaines dans une autre. Rapidement, la reine et sa cour s'installent sur le grillage du côté du plus grand nombre d'Abeilles. En quelques jours, j'ai assisté à la construction d'un rayon de très belles cellules, du côté opposé au grillage, chez les Abeilles orphelines. Aucune construction n'existe dans la cage de la reine qui pose son abdomen sur le grillage où se groupent les Abeilles de la ruche orpheline.

Dans une seconde série, j'ai répété les mêmes conditions d'expériences en variant le nombre d'Abeilles entourant la reine. J'en ai mis 50. On sait que, dans ce cas, les Abeilles peuvent construire. Or, les résultats ont été exactement les mêmes que précédemment : seules les Abeilles orphelines ont édifié des bâtisses.

Il y a ici un déplacement de la petite population vers la plus grande. Ce fait n'est pas inconnu dans l'apiculture moderne : fréquemment, on superpose plusieurs ruches séparées par une grille. Une population faible abandonne facilement et presque complètement sa reine pour en rejoindre une autre, plus forte. LECOMTE a démontré, d'ailleurs, que, dans certains cas, les Abeilles préfèrent se joindre à un groupe de compagnes plutôt qu'à une reine : l'attraction du groupe l'emporte sur celle de la reine.

Ce dernier l'emporte, dans certains cas, sur la première qui reste seule.

B. — SA DISTRIBUTION ET SA TRANSMISSION.

Est-ce l'odeur de la reine, est-ce sa vue, qui ont déterminé la construction chez les orphelines dans les cagettes précédentes ?

Je répète les expériences en séparant deux populations, l'une de plusieurs centaines d'Abeilles orphelines, l'autre d'une reine avec six Abeilles, par deux grillages distants de 1 cm. Les résultats confirment mon hypothèse ; il n'y a aucune construction de part et d'autre des séparations : la reine est entourée d'un trop petit nombre de sujets, les Abeilles orphelines se retrouvent dans les cas décrits précédemment (fig. 49).

La distribution d'une substance par la reine ou une action gustative (chimiotaxie de contact) semblent nécessaires, puisque les Abeilles orphelines peuvent voir et sentir la reine.

Une autre expérience indique la partie du corps de la reine qui détermine la construction. Deux nucléi mitoyens ont été séparés par une plaque de métal percée au centre sur quelques centimètres et obturée par un morceau de caoutchouc souple. Une reine y est insérée de façon que sa tête

soit dans un des nuclei et son abdomen dans l'autre (expérience du type BUTLER). Autour de chaque partie du corps vivent 50 Abeilles. Des plaquettes de cire gaufrée sont fixées sous les couvercles des cagettes. Au cinquième jour, la cire est étirée du côté de la tête, mais rien n'est discernable du côté de l'abdomen (fig. 49).

C. — INTERPRÉTATION DES OBSERVATIONS PRÉCÉDENTES A LA LUMIÈRE DE CES DERNIÈRES DONNÉES (paragraphe I et II).

L'absence de reine correspond à l'absence de substance excitatrice et, par conséquent, à l'absence de construction, mais la présence d'ouvrières pondueuses rétablit quelque peu l'activité constructrice. Il y aurait donc une relation directe entre les gonades fonctionnelles et la sécrétion de la substance.

Cette hypothèse sur l'existence d'une substance active, peut-elle coexister avec la notion de nombre limite ?

Je le crois, mais à la condition de rappeler les résultats des travaux de LECOMTE, qui signale que l'interattraction n'a lieu en présence d'une reine qu'avec un *nombre minimum* défini d'Abeilles. Or, j'ai moi-même signalé l'importance de la grappe dans la construction proprement dite. Par suite, si l'interattraction ne se produit pas, il y a de fortes chances pour que les cellules ne soient pas édifiées.

En résumé, même en présence d'une quantité de substance suffisante, les constructions ne peuvent avoir lieu si l'interattraction n'existe pas, c'est-à-dire, dans le cas qui nous occupe, si le nombre d'Abeilles qui accompagne la reine est par trop réduit.

Par ce fait, la gradation croissante du nombre limite s'explique suivant les qualités de la reine (féconde, vierge ou morte) : la reine favoriserait plus ou moins l'interattraction suivant son état. En conséquence, une grappe cirière suffisante se formerait ou ne se formerait pas.

A ce sujet, il est bon de rappeler aussi les résultats des expériences de TARANOV concluant que les petits essaims construisent plus de cire que les gros. Ceci s'explique si la substance distribuée par la reine est largement dispensée à un petit nombre d'Abeilles, le comportement constructeur se trouve ainsi exalté. Les rythmes d'activité prennent aussi place dans cette synthèse des données autour de la substance royale. S'il est vrai, comme je l'ai indiqué, que, même en présence d'une grande abondance de sucre, le comportement constructeur n'existe plus en fin de saison, malgré la sécrétion des lamelles de cire, on peut penser que *la reine ne sécrète sa substance qu'à certaines époques de l'année*. Ceci expliquerait aussi le retard de construction dans nos ruches au printemps, malgré le nourrissage.

Cependant, il est encore possible de songer que des rythmes d'activité existent, au contraire, du côté des cirières. Ce serait à vérifier, mais les résultats de mes expériences n'inclinent pas dans ce sens. Par ailleurs, le maximum de sécrétion de la substance doit coïncider avec la miellée qui

est, en quelque sorte, l'époque de pleine vitalité de la ruche. Rapprochons de ce qui précède la faible vitesse de construction des cirières avec des vieilles reines ou des reines mutilées : elle peut indiquer qu'une moindre quantité de substance est répartie entre les éléments de la population. On comprend encore que des gâteaux peuvent être construits loin de la reine, puisqu'elle continue à sécréter régulièrement la substance nécessaire à la construction.

Mais notre hypothèse ne suffit pas à justifier le fait que des nids à couvain polarisent les constructions. Les travaux de LECOMTE sur l'interattraction à base chimiotropique me font supposer que le couvain doit exercer une attraction analogue sur les Abeilles. Des expériences systématiques restent encore à faire, mais les apiculteurs sont déjà implicitement d'accord, car, dans la pratique, ils ajoutent un cadre de couvain lorsqu'ils veulent éviter la fuite d'un essaim.

CONCLUSION

Nous sommes en mesure de répondre aux questions posées au début de cette étude : Le travail de construction de l'Abeille est-il un travail social ? Dans quelle mesure l'est-il ?

Il y a quelques années, GRASSÉ constatait, dans son laboratoire, un comportement assez curieux des Termites du genre *Bellicositermes* : une reine, placée sur un plateau, était bientôt entourée de plusieurs équipes d'ouvrières, dont la composition était à peu près constante ; elles utilisaient l'argile mise à leur disposition. Ces Insectes aveugles déposaient autour de leur reine des boulettes de matériau pour former une ellipse assez régulière ; sur ces bases, les *Termites belliqueux* édifiaient des colonnettes surmontées d'arcs-boutants qui partaient exactement les uns vers les autres ; enfin, des groupes s'organisaient pour combler les vides, former des murs et un plafond cintré au-dessus de la reine.

GRASSÉ montrait que, pour réussir de telles bâtisses, les *Termites* devaient travailler en étroite collaboration, et que l'intervention « d'un heureux hasard » était à éliminer puisque ce comportement se répétait toujours. Il posait alors la question des facteurs et des techniques de coordination entre tous ces Insectes : les stimuli visuels étaient exclus, les stimuli tactiles étaient insuffisants, puisque les équipes n'étaient pas en rapport. L'odorat ou tout autre mode de repérage par les ultra-sons expliqueront-ils ces faits ? Enfin, GRASSÉ indiquait que « les *Termites* agissaient comme s'ils prévoyaient, dans son ensemble, le plan du futur nid ». Voilà, à vrai dire, une question bien troublante que nous retrouverons à propos du comportement constructeur de l'Abeille.

Le comportement décrit par GRASSÉ se retrouve dans les sociétés hautement organisées dont les Insectes collaborent à la réalisation d'une bâtisse régulière.

Nous l'affirmons malgré l'opposition de BUFFON, de HUBER, ou malgré les

sentiments mal exprimés de WATERHOUSE, DARWIN, VOGT et ARMBRUSTER. RABAUD (1937) et son école, après avoir heureusement ébranlé sur ses bases le vitalisme, qui pouvait tarir l'élan de la recherche des causes, sombre dans une explication beaucoup trop simple des phénomènes sociaux chez les Insectes : les tropismes aveugles sont les *dei ex machina*, expliquent à la fois le désordre, par leur inadaptation au bien de l'animal, et l'ordre, par les résultantes de leurs interférences, et « l'œuvre collective n'est que la juxtaposition d'œuvres individuelles ».

On s'aperçoit que les auteurs précédents refusent aux *Abeilles* l'avantage de travailler en collaboration parce que l'entraide, d'après eux, entraîne la fatale intervention d'explications vitalistes, comme si la reconnaissance d'une organisation indubitable supposait l'existence d'une « âme de la ruche ». Pour la recherche, une telle attitude est presque aussi stérilisante que l'attitude opposée. Un exemple fera comprendre la difficulté de s'en tenir à une position purement mécaniste : les cellules sont hexagonales, parce que les ommatidies des Insectes le sont aussi, parce que les Abeilles, nées d'une même mère, travaillant les unes en face des autres, exercent des forces égales des deux côtés des parois de cire, parce que les hyménoptères copient le moule de la première cellule... La solution définitive semble être trouvée, mais un voile est désormais jeté sur les yeux de l'observateur qui ne doit plus désormais découvrir des cellules démesurément larges, des cellules de mâles, des cellules intermédiaires entre les cellules de mâles et celles d'ouvrières, des cellules de colmatage. Il doit aussi ignorer toutes les retouches des constructions et des reconstructions. En effet, le nid de l'*Abeille* n'est pas uniquement constitué d'éléments de même type, « la cellule d'ouvrières » ou « la cellule de mâles », mais d'un ensemble d'alvéoles dont les dimensions varient énormément suivant les circonstances. A l'instar de nos maçons qui savent empiler des briques entières pour construire un mur, mais aussi les couper pour les ajuster dans l'ensemble de la maison, ou bien en utiliser de différentes tailles suivant les besoins, les ouvrières cirières ont aussi la possibilité d'adapter les dimensions de leurs cellules aux nécessités de leurs constructions, grosses cellules pour les mâles, petites pour les ouvrières, diverses pour les unir, pour réparer une destruction, pour surmonter un obstacle. Le maçon peut encore retirer des briques et reformer une partie de son mur sur un autre plan, l'*Abeille* détruit ses cellules plus ou moins profondément, lorsque les rayons sont vieux, lorsqu'ils ne possèdent pas suffisamment de cellules de mâles ou de cellules d'ouvrières... Ces remarques sont importantes, lorsqu'on sait, comme l'a bien montré LINDAUER, que plusieurs centaines d'Abeilles se succèdent dans l'édification d'une seule cellule. Avec facilité, les Insectes vont construire des cellules de mâles ou d'ouvrières, des cellules de colmatage, ou bien tout retoucher pour permettre des élevages différents. Nous aussi, nous sommes obligés d'aller chercher ailleurs que dans la mécanique de forces simples ou le jeu du hasard les explications du comportement constructeur des Abeilles.

Or, le travail collectif apparaît à la moindre observation des Abeilles de

la ruche. La technique de travail de ces Insectes ne devrait déjà laisser aucun doute à ce sujet. Les zones de développement du rayon sont caractérisées par la présence de nombreuses Abeilles suspendues les unes aux autres par les pattes et forment ce qu'on a appelé les chaines cirières : les pattes antérieures des Insectes servent généralement à s'accrocher aux Abeilles supérieures, les moyennes aux latérales, les postérieures aux inférieures. Les Insectes de la base de la grappe utilisent leurs pattes antérieures et moyennes pour attacher l'ensemble à la barre transversale du cadre. Un Insecte dont toutes les pattes ne sont pas utilisées n'a de cesse de les agiter pour s'accrocher à un de ses congénères ou à un obstacle. L'observateur est habitué aussi à déceler le corps d'un bon nombre d'Abeilles des grappes pendantes démesurément allongé sous l'action du poids des autres Insectes. Toutes les zones en croissance sont encore réunies entre elles par des chaines d'Abeilles, dont les pattes sont plus ou moins écartées par les tractions exercées par les Abeilles voisines. Certaines de ces chaines horizontales peuvent mesurer une trentaine de centimètres et relier l'une à l'autre les extrémités de la ruche vitrée. L'espace anormalement grand entre deux rayons est aussi rapidement rempli de cordons horizontaux d'Abeilles. Enfin, la principale caractéristique de ces éléments réside dans le fait d'être sans cesse en mouvement, presque « en vibration » : ils paraissent instables et pourtant se maintiennent aussi longtemps que l'ordre normal des constructions n'est pas établi. L'absence de grappes cirières, c'est l'absence de développement du rayon ou bien la seule présence de « petits travaux », retouches de cellules, formation d'opercules... *On est donc en droit de croire à une fonction propre de ces grappes cirières* (Pl. VII, 2 et VIII, 1, 2, 3).

Certes, je l'ai observé, les Abeilles de la grappe cirière changent de place, la quittent même quelquefois après plusieurs heures « d'inertie » au même endroit, mais l'unité de la grappe cirière se maintient à travers le temps, soit par le remplacement d'un élément par un autre, soit par un remaniement des éléments entre eux. Nous avons vu aussi qu'elles conditionnent le développement normal du rayon ou la continuité de l'évolution du rayon, puisque leur démolition d'heure en heure, sur un cadre, gêne beaucoup la construction. De plus, la grappe cirière rend compte des différentes formes des rayons, et certaines régulations ne peuvent s'interpréter que par son action sur les Abeilles bâtisseuses.

La forme du rayon normal, le rognage des languettes de cire, les régénérations différentielles posent, ainsi, d'importants problèmes. D'où vient ce sens de la forme du rayon ? Pourquoi les bâtisseuses se succèdent-elles et construisent-elles plus rapidement au niveau des brèches ? Il faut bien enfin que les Abeilles des brèches soient, disons-le tout de même, *informées* de l'état des différentes portions de rayon. Sinon, il faudrait supposer que l'Abeille va « prendre des mesures » avant de déposer sa cire, de façonner un alvéole ou de détruire des édifices déjà construits. Or, nous l'avons vu, cette technique de travail des Abeilles semble pour le moins extrêmement douteuse. Si nous admettons, à la rigueur, qu'elles agissent ainsi, il nous

faut alors poser la question suivante : sur quel schéma de rayon comparent-elles leurs constructions ? Un schéma inné ? Mais, alors, les formes exactement variées des rayons, les différentes manières de les obtenir, que nous connaissons, ne peuvent s'expliquer qu'avec la présence d'un nombre infini de schémas, ou, comme le dit THORPS, avec la présence d'un schéma idéal. Enfin, l'argument est capital, semble-t-il, les zones de pleine croissance sont caractérisées par un *calme extraordinaire* des Abeilles qui ne correspond guère aux nombreux déplacements que laissent supposer les hypothétiques inspections des Insectes sur le rayon.

L'accroissement de l'habitation des Abeilles prend aussi place dans un grand ensemble bien déterminé : les Insectes ne construisent pas leurs bâtisses dans tous les sens à l'intérieur de leur ruche, mais, dans la mesure du possible, ils les rendent parallèles les unes aux autres. Si l'un des rayons échappe à cette loi pendant quelques instants, les Abeilles, à la première occasion, s'empressent de le tordre, de le remanier suivant les circonstances. Le problème de l'unité architecturale chez l'*Abeille*, comme chez le *Termite*, entraîne l'apparition de retouches nombreuses de l'œuvre entreprise et même de l'œuvre terminée. C'est d'ailleurs avec ces dernières qu'apparaît l'extrême plasticité de l'instinct constructeur chez *Apis mellifica*. Il possède, lui aussi, comme chez de nombreux animaux, d'autres qualités : la variabilité des solutions adoptées, une grande facilité d'adaptation et une indétermination des stimuli intervenant dans le comportement. On rechercherait en vain, ici, les évocateurs, les stimuli clefs du comportement constructeur qui n'a rien de stéréotypé, de ritualisé : tout au plus pourrait-on parler de « situations évocatrices » de ce comportement. Retenons enfin qu'un essaim se dispense de construire s'il trouve des rayons tout préparés.

Évoquer un travail collectif, c'est imposer la recherche du moyen de communication entre les Abeilles. Or, après les travaux de VON FRISCH sur les Abeilles, nous ne craignons plus d'aborder le problème de l'intercommunication des Insectes bâtisseurs.

Bien des expériences de notre exposé exigent cette « information » entre les Abeilles. Elle ne ressemble pas, certes, à celle qu'a décrite HUBER, pour qui la première Abeille qui pose le premier bloc de cire danse en écartant ses compagnes pour les prévenir qu'elle va construire. Je n'ai également pas observé des danses analogues à celles qu'effectuent les récolteuses de nectar et de pollen. Il s'agit plutôt d'une transmission d'ordre musculaire entre les Abeilles des grappes et des chaînes. Cependant, les renseignements livrés par les Insectes peuvent être très subtils puisque la présence de fragments de bois ralentit la construction ou provoque la déformation des bâtisses en changeant le gradient de vitesse de travail, alors que l'existence de cire formée en cellules est capable d'induire une accélération du développement du rayon ou bien une régulation du parallélisme des bâtisses. D'autre part, on a mis en évidence quelques-unes des propriétés du « langage » des cirières : l'existence de zones sensibles, la propagation autour de l'obstacle et sur la surface du rayon formé en cellules. Les zones

sensibles, c'est-à-dire le sommet et les côtés des rayons, sont capables d'amener les Insectes à rendre au rayon une forme standard et un parallélisme accidentellement perdus. Ce sont d'ailleurs ces parties, réunies entre elles par de nombreuses chaînes d'Abeilles, qui sont responsables du bon développement de l'ensemble des bâtisses : elles donnent au nid une unité architecturale. On a pu, enfin, interrompre la communication par des écrans, la rétablir par des orifices dans ces derniers, ou bien déterminer la destruction du rayon par la pose d'un grillage fin.

A l'intérieur de la ruche, naît aussi une division du travail par laquelle les cirières n'effectuent le véritable travail de développement des rayons que vers le dixième jour. Cependant, si leur nombre est insuffisant, même en présence d'une reine, elles sont dans l'impossibilité de construire : ce nombre limite, au-dessous duquel on ne peut descendre, oscille autour de 100. C'est d'ailleurs le même nombre qui s'est révélé indispensable dans d'autres activités sociales, comme l'interattraction, la régulation thermique. Les Abeilles ne s'organiseraient donc en société pleinement fonctionnelle qu'avec une centaine d'individus et une reine. Cependant, lorsque le nombre d'Abeilles est suffisant, les âges, déterminés pour chaque occupation dans la ruche et correspondant, à peu près, au grand développement des organes nécessaires pour remplir celle-ci, peuvent varier suivant les « besoins de la ruche » : des jeunes Abeilles de six jours, par exemple, édifient de très belles cellules.

Or, tout le comportement constructeur semble bien être en partie sous la dépendance d'une substance sécrétée par la reine, transmise aux Abeilles et distribuée d'Abeille en Abeille dans toute la ruche. Bref, l'organisation de la ruche, observée dans les constructions, paraît être soumise à la reine.

La ruche, remplie d'Abeilles, tel un organisme vivant, laisse se développer en son sein de nombreuses régulations que nous sommes loin d'avoir inventoriées : tous les jours nous fournissent les preuves de cette affirmation fondée, déjà, sur de nombreuses observations, destructions de vieux rayons, transformations de cellules de mâles en cellules d'ouvrières et inversement, division plastique du travail entre les Insectes, équivalence de la reine à un groupe d'ouvrières pondeuses effectives ou à un grand nombre d'ouvrières dans des situations bien particulières...

L'étude de la construction chez *Apis mellifica* nous réserve donc encore bien des surprises !

Résumé.

1° Lorsque les Abeilles travaillent, on découvre autour des rayons en construction des groupes d'Insectes accrochés les uns aux autres par les pattes. Ces chaînes n'ont-elles aucun rôle malgré leur présence constante autour des zones de développement des rayons ? Mes expériences permettent d'affirmer ce rôle.

En effet, l'étude du développement normal du rayon naturel nous

indique que *la grappe cirière conditionne l'évolution régulière du rayon*, et, par suite, l'évolution de la construction tout entière.

En outre, *certaines régulations de la forme des rayons ne peuvent s'expliquer que par l'action de la grappe cirière* sur les Abeilles bâtisseuses.

Vu de face, le rayon est ellipsoïde, mais présente à sa base un étranglement plus ou moins allongé. Qui plus est, avant toute construction, les groupes d'Abeilles peuvent même rogner des languettes rectangulaires de cire pour parvenir à cette configuration.

Cette forme est encore celle qui est recherchée lors de la reconstruction d'un rayon sectionné en différentes portions de sa surface; d'ailleurs les parties régénérées se développent plus rapidement que leurs voisines.

Ces expériences nous montrent qu'il y a *une destruction systématique* de tout ce qui ne répond pas, dans ces cas particuliers, à la configuration idéale du rayon et qu'il se produit *une régulation dans les vitesses de construction*, qui amène à retrouver la forme ellipsoïde.

La forme du rayon normal, le rognage des languettes de cire, les régénérations posent, on le voit, d'importants problèmes. D'où viennent ces régulations de la forme du rayon ? On assiste aussi à une inhibition progressive de la construction à l'approche d'une paroi verticale ou horizontale, ou, au contraire, à une accélération du côté le plus rapproché d'un rayon de cire construit ou en construction. Tous ces phénomènes sont inexplicables si la grappe des Abeilles cirières n'intervient pas dans son ensemble.

2° Dans une phase suivante de l'évolution du rayon, j'essaie d'en modifier le plan à l'aide de chicanes, de languettes de cire, de plaquettes de bois. Or, ces dernières amènent souvent de très fortes perturbations qui aident à déterminer le caractère essentiellement social de la construction des rayons chez l'Abeille, et même à évoquer le passage d'une « information » à travers le groupe des Abeilles. Cette information se transmettrait à la surface du rayon à partir des obstacles dans tous les sens sur une face et sur l'autre, se traduirait par un gradient de construction, pourrait être interrompue ou rétablie au moyen d'écrans opaques ou perforés. Il existerait en outre des zones sensibles (sommet et côtés) sur la surface du rayon.

Enfin, les conclusions des expériences sur le parallélisme des rayons vont dans le sens des précédentes et suggèrent l'action de stimuli tactiles prenant leur origine dans la cire façonnée en cellules et se transmettant à travers la chaîne cirière du côté des rayons anormalement proches afin de maintenir le parallélisme et l'équidistance des rayons.

3° Le huitième et dernier chapitre diffère des précédents puisqu'il a trait au rôle des reines ou des ouvrières pondeuses dans les constructions.

Après avoir établi qu'une cinquantaine d'Abeilles, *groupées autour d'une reine*, peut édifier des cellules normales et qu'il faut atteindre le nombre de 10 000 individus *orphelins* pour observer des constructions, j'indique que la présence d'ouvrières pondeuses déclenche la formation d'édifices de cire dans des conditions où les Abeilles orphelines n'entreprennent aucun travail.

Puis, l'étude de l'action du couvain sur les cirières, de l'existence de centre de construction, des relations entre l'apport de miel et les formations de bâtisses, me donne la possibilité de démontrer que, normalement, seule les gonades fonctionnelles induisent les constructions.

Ces conclusions m'amènèrent enfin à une *hypothèse* qui s'est déjà montrée fructueuse dans de nombreuses expériences et dans l'interprétation de certains problèmes sur les constructions : *une substance est distribuée par la reine aux ouvrières* ; l'absence de reine correspondrait donc à l'absence de substance excitatrice et, par suite, à l'absence de construction. Certes, des expériences complémentaires sont encore requises pour confirmer cette hypothèse, mais aussi pour déterminer le nombre de substances présentes, et enfin pour connaître le rôle joué par la nutrition des Insectes dans ces phénomènes.

Bref, nous affirmons que la construction chez Apis mellifica est un phénomène spécifiquement social qui ne peut être compris que dans cette seule perspective.

BIBLIOGRAPHIE

1953. ALBER (M. A.). — Favi naturali (*Apic. d'Ital.*, **20**, 3, 55-58. — 1953. Il contaccella (*Ibid.*, **20**, 4, 83-90).
1931. ARNHART (L.). — Das Puppenhäuschen der Honigbiene (*Arch. f. Bienenkunde*, **12**, 7-8, 290-304).
1920. ARMBRUSTER (L.). — *Zum Problem der Bienenzelle*, **141**, Berlin et Leipzig, Fisher).
1951. BEAMENT (J. W.). — Wax secretion in insects (*Nature*, **167**, 652-653).
1954. BONE (D.). — A rare technique of Bees : building comb upwards (*Scot. Beekpr.*, **30**, 5, 110).
1895. BORDAS. — Appareil glandulaire des Hyménoptères (*Annal. soc. nat. Zool.*, **7**, 19).
1924. BOUASSE (H.). — *Capillarité. Phénomènes superficiels*, **437**, Delagrave, Paris.
- 1904 a. BOUVIER (E.-L.). — Une colonie d'Abeilles (*Bull. soc. nat. d'agric. Fr.*, 503-504). — 1904 b. Sur une nidification remarquable d'*Apis mellifica* observée au Muséum de Paris (*Bull. soc. entom. Fr.*, 187-188). — 1905. Sur la nidification d'une colonie d'Abeilles à l'air libre (*Bull. soc. philom. de Paris*, **7**, 186-206). — 1905. Observations sur le nid aérien figuré par CURTIS (*Bull. soc. entom. Fr.*, 222-223). — 1906. La nidification des Abeilles à l'air libre (*C. R. Acad. Sc. Paris*, 1015-1020). — 1906. Nouvelles observations sur la nidification des Abeilles à l'air libre (*Ann. soc. entom. Fr.*, **75**, 429-444).
1753. BUFFON. — *Histoire naturelle générale et particulière*, **7**, I, in HUBER.
1954. BUTLER (C. G.). — The method and importance of the recognition by a colony of Honeybees (*A. mell.*) of the presence of its Queen (*Trans. roy. entom. soc. London*, **105**, 2, 11-29).
1900. BUTTEL-REEPEN (H. VON). — Sind die Bienen « Reflexmaschienen » ? — Experimentelle Beiträge zur Biologie der Honigbiene (*Biol. Zentralbl.*, **20**, 82, Leipzig).
1954. CHAUVIN (R.). — Aspects sociaux des grandes fonctions chez les Abeilles. La théorie du superorganisme (*Insectes sociaux*, **1**, 2, 123-129).
1904. CLÉMENT (A.-L.). — Un essaim d'Abeilles au Muséum (*Nature*, **1632**, 218-219).
1862. CURTIS (J.). — *British Entomology. Hymenoptera : Apis mellifica, the Common Hive or Honey Bee*, **769**, London.
1952. DARCHEN (R.). — Sur quelques régulations sociales dans la construction chez les Abeilles (*C. R. Acad. Sc. Paris*, **234**, 671-673). — 1952. Régulation sociale et

- écartement des rayons chez les Abeilles (*C. R. Acad. Sc. Paris*, **235**, 820-822). — 1953. La régulation sociale et l'écartement des rayons chez les Abeilles (*C. R. Acad. Sc. Paris*, **237**, 1032-1034). — 1954. Quelques régulations sociales dans la construction chez les Abeilles (*Insectes sociaux*, **1**, 3, 219-228). — 1957. La construction sociale chez *Apis mellifica* (*Insectes sociaux*, **3**, 2, 209-301). — 1957. Les constructions sociales chez *Apis mellifica* (en parution dans *C. R. Congrès Entom. Montréal*). — 1957. La reine d'*Apis mellifica*, les ouvrières pondeuses et les constructions cirières (*Insectes sociaux*, **4**, 4, 321-325).
1957. DARCHEN (R.), VIZIER (C.), VUILLAUME (M.). — Sur le déterminisme des cellules mâles des Abeilles (*C. R. Acad. Sc. Paris*, **244**, 391-394).
1882. DARWIN (C.). — *L'origine des espèces*, 296-302, Reinwald, Paris.
1889. DAWSON (C.), WOODHEAD (S.). — Problem of Honeycomb (*Nat. Sc.*, **15**, in ARMBRUSTER). — 1900. The hexagonal structure naturally formed in colling Beeswax, and its influence on the formation of the cells of Bees (*Ann. Mag. Hist.*, **7**, 5, in ARMBRUSTER).
1947. DELEURANCE (E. P.). — Le cycle évolutif du nid de *Polistes* (Hyménoptères *Vespidæ*) (*C. R. Acad. Sc. Paris*, **224**, 228-230). — 1949. Phénomène social chez *Osmia emarginata* (Hyménoptères *Apidæ*) (*Bull. soc. entom. Fr.*, **54**, 1, 9-11).
1908. DEMOLL (R.). — Die Königin von *Apis mellifica*. Ein Atavismus (*Biol. Zentralbl.*, **28**, in ARMBRUSTER).
1904. DITTRICH (R.). — Ueber das Problem der Bienenzelle (81, *Jahresber. Ges. Vaterl. Kultur. Naturw. Abt. Zool. bot. skt.*, in ARMBRUSTER).
1905. DREYLING (L.). — Die wachsbereitenden Organe bei den geselligbelben den Bienen (*Zool. Jahresber. Abt. Anat.*, **28**, 42, Marburg).
1952. EMERSON (A. E.). — The superorganismic aspect of society (*Coll. Intern. C. N. R. A.*, **34**, 333-353).
- 1911 a. FOLOPPE (Frères). — Quelle épaisseur des fondations devons-nous adopter ? (*Apic.*, **2**, 54-60). — 1911 b. Édification de la cellule sur cire gaufrée (*Apic.*, **3**, 93-99). — 1911 c. Quelques lignes complémentaires au sujet de l'épaisseur de la cire gaufrée (*Apic.*, **4**, 154-156).
1937. FREUDENSTEIN (K.). — Die Wachserzeugung und der Wabenbau im Bienenvolk (*Deutsch Imkerführer*, **11**, 6, 154-156).
1902. FRIESE (H.). — *Die europäischen Bienen*, 456, Berlin.
1948. FRISCH (K. VON). — *Aus dem Leben der Bienen*, 196, Wien, Springer.
1939. GRASSÉ (P.-P.). — La reconstruction du nid et le travail collectif chez les Termites supérieures (*Journ. de Psych.*, **30**, 370-376). — 1944. La structure des sociétés d'Invertébrés (*Rev. Suisse Zool.*, **53**, 432-441). — 1956. La régulation des activités instinctives considérée surtout chez les Insectes (*in L'instinct*, 561-573, Masson, Paris).
1944. GRASSÉ (P.-P.) et CHAUVIN (R.). — L'effet de groupe et la survie des neutes dans les sociétés d'Insectes (*Rev. sc.*, **82**, 461-464).
1951. GRASSÉ (P.-P.), NOIROT (Ch.). — La Sociotomie, migration et fragmentation de la termitière chez les *Anoplotermes* et *Trinervitermes* (*Behaviour*, **3**, 146-166).
1936. GONTARSKI (H.). — Die Wachserzeugung der Arbeiterinnen von *Apis mellifica* während der Winterruhe (*Z. wiss. Zool.*, **147**, 526-536). — 1940. Ueber des Nestbauinstinkt bei der Honigbiene und bei Hummeln (*Natur u. Volk.*, **70**, 532-539). — 1949. Ueber die Vertikalorientierung der Bienen bei Bau der Waben und die bei der Anlage des Brutnestes (*Z. f. Verg. Physiol.*, **31**, 652-670).
1952. HERAN (H.). — Untersuchungen über den Temperatursinn der Honigbiene unter besonderer Berücksichtigung der Wahrnehmung der strahlender Wärme (*Z. Verg. Physiol.*, **34**, 179-206).
1955. HESSBERG (H. VON). — Messungen an natürlichen Waben (*Arch. Bienen*, **32**, I, 50-52).
1814. HUBER (F.). — *Nouvelles observations sur les Abeilles*, **2**, 165-236, Paschoud, Paris, Gen.)
1772. KLUGEL (G. S.). — Mathematische Betrachtungen über den Kunstreichen Bau der Bienenzellen (*Hannoversch. Mag.*, **10**, in ARMBRUSTER).

1740. KÖNIG (S.). — Lettre sur la construction des alvéoles des Abeilles (*Journ. helv., in ARMBRUSTER*).
1953. LAVIE (P.), ROTH (M.). — Sur le Thermopreferendum et la production de chaleur chez les Abeilles (*Phys. Comp. Œcol.*, **111**, 57-62).
1950. LECOMTE (J.). — Sur le déterminisme de la formation de la grappe chez les Abeilles (*Z. Vergl. Physiol.*, **32**, 499-506). — 1950. Attraction entre reine et ouvrières d'Abeilles (*C. R. Acad. Sc. Paris*, **231**, 802-804). — 1954. Influence du nombre d'individus sur la formation de la grappe par les ouvrières d'Abeilles (*C. R. Acad. Sc. Paris*, **239**, 1870-1872).
1952. LINDAUER (M.). — Ein Beitrag zur Frage der Arbeitsteilung im Bienenstaat (*Z. Vergl. Physiol.*, **34**, 299-345).
1712. MARALDI. — Observations sur les Abeilles (*Mém. Acad. Sc.*, 299, Paris).
1951. MEYER (W.). — *Ueber die Bauarbeiten an den Brut- und Honigbiene im Bienen-volk* (Apis mellifica), 117, Berlin.
1883. MILLENHOFF (K.). — Ueber die Entstehung der Bienenzellen. Pflügers (*Arch. Phys.*, **32**, in ARMBRUSTER).
1900. NETTER (A.). — Examen des mœurs des Abeilles au double point de vue des mathématiques et de la physiologie expérimentales (*C. R. Acad. Sc. Paris*, **5**, 131).
1952. NIXON (H. L.), RIBBANDS (C. R.). — Food transmission in the honeybee community (*Proc. roy. soc.*, **140**, 43-50).
1936. GERÖSI-PAL (Z.). — Die Rolle der Mandibeldrüsen der Honigbiene (*Dtsch. Imkerführer*, **10**, 11, 364-365). — 1957. The Role of the mandibular glands of the Honeybee (*Bee world*, **38**, 3, 70-73).
1954. PAIN (J.). — La « substance de fécondité » dans le développement des ovaires des ouvrières d'Abeilles (*Apis mellifica*). Critique des travaux de Müssbichler (*Insectes sociaux*, **1**, 59-70).
1889. PÉREZ (J.). — *Les Abeilles*, Biblioth. des Merv., 53-58, Hachette, Paris.
1741. RÉAUMUR. — *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, **5**, 5, 207-728.
1953. RIBBANDS (C. R.). — *The behaviour and social life of Honeybees*, 352, R. A. L. London.
1925. ROSCH (G. A.). — Untersuchungen über die Arbeitsteilung im Bienenstaat (*Z. vergl. Physiol.*, 567-631). — 1930. Untersuchungen über die Arbeitsteilung im Bienenstaat (*Ibid.*, 1-74).
1952. ROUBAUD (E.). — La désocialisation chez l'Abeille domestique (*Coll. intern. C. N. R. S.*, **34**, 293-297).
1953. SAKAGAMI (S. T.). — Untersuchungen über die Arbeitsteilung im Bienenstaat in einen Zwergvolk der Honigbiene (*Jap. Journ. Zool.*, **11**, 85-117).
1952. SCHALLER (F.). — Une disposition anormale de rayons à l'intérieur d'une ruche d'Abeilles (*Bull. assoc. philom. d'Alg. Lor.*, **9**, 1, 88-91).
1940. SENDLER (O.). — Vorgänge aus der Bienenleben vom Standpunkte der Entwicklungsphysiologie (*Z. wiss. Zool.*, **153**, 39-82).
- 1864-1866. SMITH (F.). — On the construction of Hexagonal Cells by Bees and Wasps (*Trans. entom. soc. London*, **5**, 2, 131).
1930. STEINER (A.). — Die Temperaturregulierung in Nest der *Pollistes gallica* (*Z. Vergl. Physiol.*, **11**, 461-502).
1788. SWAMMERDAM (J.). — *Biblia Naturæ* (juxta : Bibel der Natur), **2**, 376-385, Leydas.
1940. TARANOV (G. F.). — *Zoologisk Zhurnal*, **25**, 251-252.
1911. VOGT (H.). — *Geometrie und Okonomie der Bienenzelle*, Trewend u. Granier, in ARMBRUSTER.
1957. VUILLAUME (M.). — Contribution à la psychophysiologie de l'élevage des reines chez les Abeilles (*Insectes sociaux*, **4**, 2, 113-156). — 1957. La forme des cellules royales chez les Abeilles (*Ibid.*, **4**, 4, 385-390).
- 1864-1866. WATERHOUSE (G. R.). — On the formation of the cells of Bees and Wasps (*Trans. soc. entom. London*, **2**, 115).
1947. ZANDER (E.). — *Das Leben der Biene*, **5**, 145, Stuttgart, Ulmer.

LÉGENDES DES PLANCHES

PLANCHE I.

Fig. 1. — Treillis de bois fixé sur le couvre-cadres dans le but d'interrompre les communications entre les diverses chaînes cirières dans les zones de construction.

Fig. 2. — De nombreuses attaches de cire sont construites par les Abeilles autour de trois rayons retirés par une section parallèle au couvre-cadres.

PLANCHE II.

Fig. 1. — Développement d'un rayon naturel, suivi au moyen de colorations journalières au bleu de méthylène.

Fig. 2. — Régénération de la base d'un rayon après découpage latéral de deux morceaux de cire. La technique de coloration est la même.

Fig. 3. — Déformation d'un rayon lorsqu'une planchette de bois est fixée horizontalement sur sa base.

PLANCHE III.

Fig. 1. — Le rayon en plein développement prend des formes bizarres après l'insertion de petites baguettes près de son sommet.

Fig. 2. — Ici, la baguette de bois est soudée verticalement dans le centre du rayon qui va posséder deux protubérances.

Fig. 3. — De petits parallélépipèdes de bois sont collés sur une feuille de cire gaufrée sertie dans un cadre de ruche.

PLANCHE IV.

Fig. 1. — *En haut à gauche* : l'écran métallique dont la largeur est inférieure à 10 mm est complètement recouvert d'alvéoles, tandis que son vis-à-vis arrête totalement l'extension du rayon. *En haut à droite* : l'aspect bizarre de l'édifice provient de l'existence d'un grand écran dans une seule des deux tranches du rayon.

Fig. 2. — *En bas, à gauche et à droite* : en revanche, la présence d'orifices dans les obstacles favorise la naissance de nouvelles bâtisses.

PLANCHE V.

Fig. 1. — Détail de la torsion d'un rayon dont la partie inférieure était perpendiculaire au plan des rayons voisins. La partie supérieure, qui était pourtant en bonne place, en est même influencée puisqu'on y découvre aussi une torsion.

Fig. 2. — L'écran de gauche, perforé, permet un développement du rayon, tandis que celui de droite l'arrête malgré la présence de nombreuses attaches de cire fixées par l'expérimentateur.

Fig. 3. — Les écrans métalliques, formés de grillage fin (mailles de 2 mm), interrompent toutes constructions ou apportent des destructions dans leurs limites.

PLANCHE VI.

Fig. 1. — Aspect des transformations d'un morceau de rayon bâti, fixé dans un plan horizontal perpendiculaire au plan normal de la construction.

Fig. 2. — Apparition de cellules de colmatage dans un rayon formé sur une feuille de cire gaufrée.

PLANCHE VII.

Fig. 1. — Torsions effectuées par les Abeilles sur des rayons anormalement fixés afin de rétablir un parallélisme perdu.

Fig. 2. — Abeilles en pleine action sur les bâtisses. Remarquer les connexions nombreuses entre les Abeilles des divers édifices.

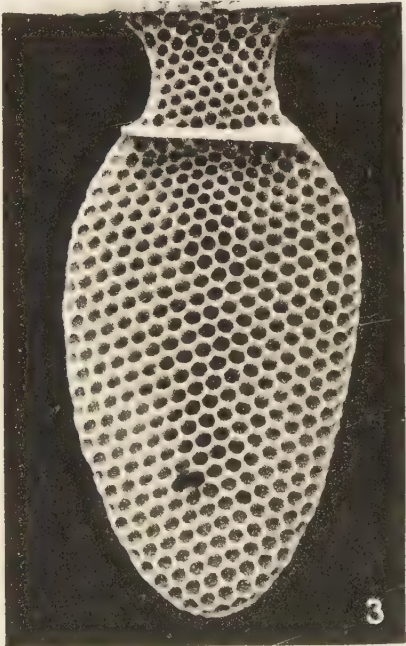
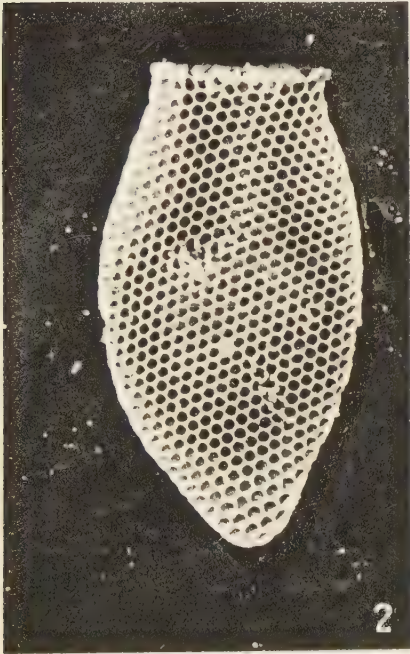
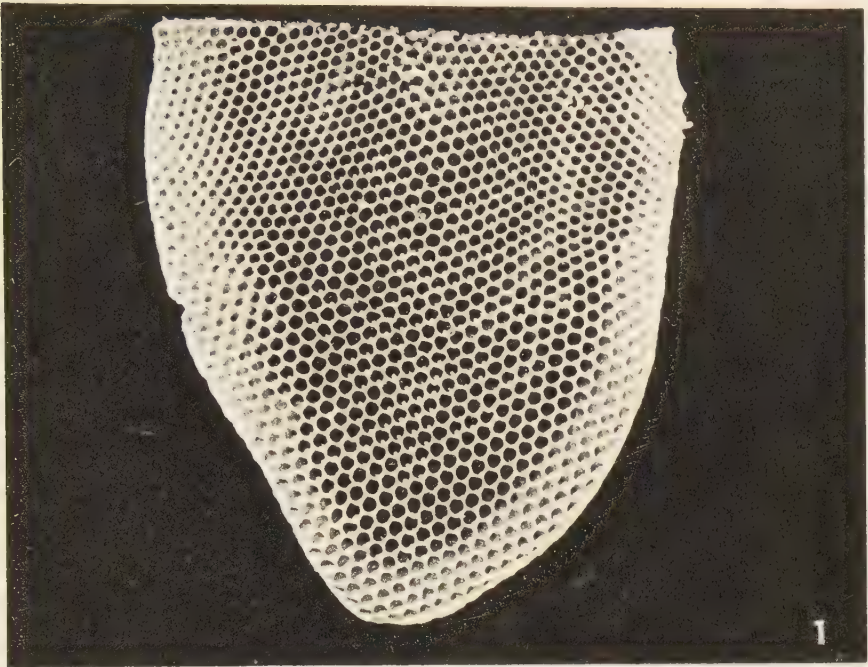
PLANCHE VIII.

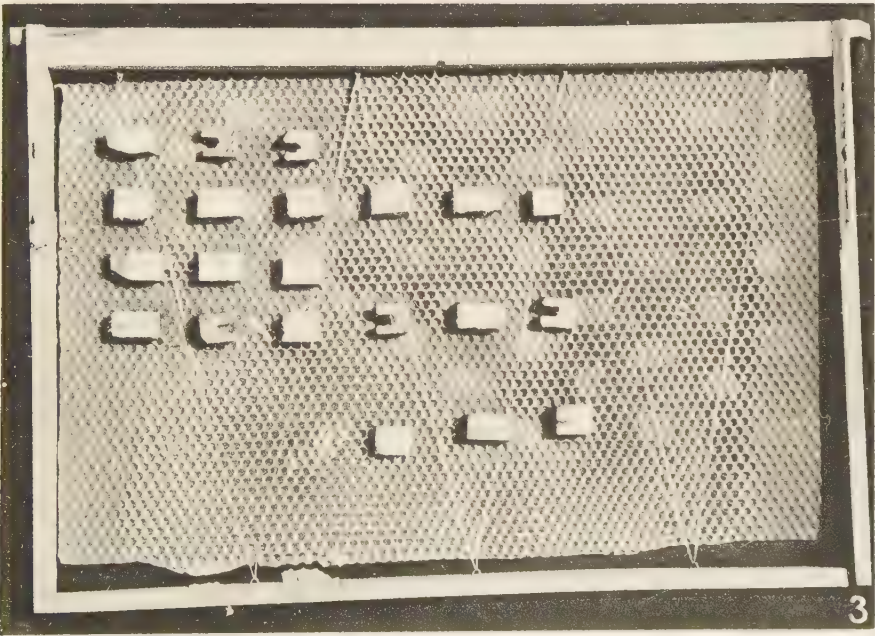
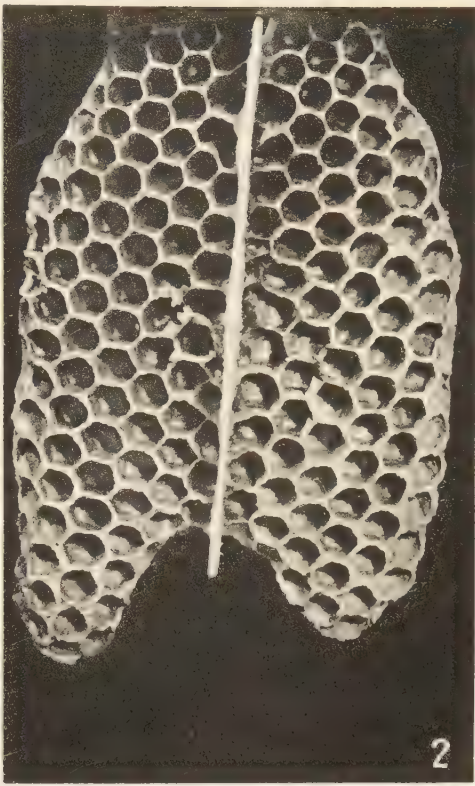
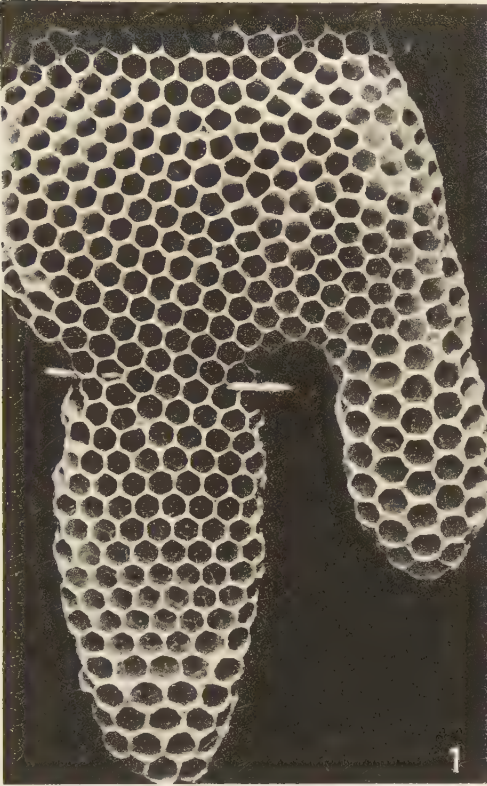
Fig. 1 et 3. — Détail des chaînes cirières qui relient les rayons en construction.

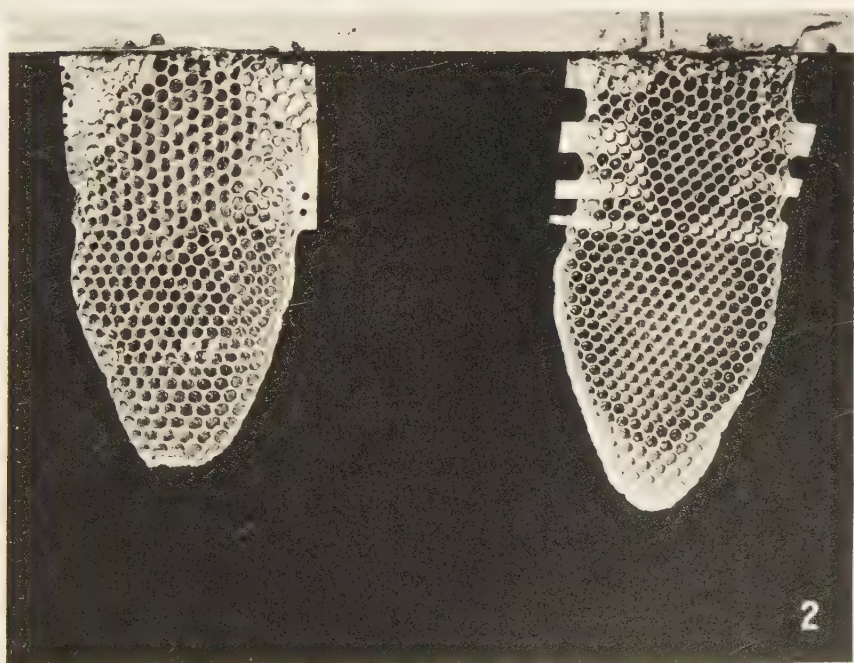
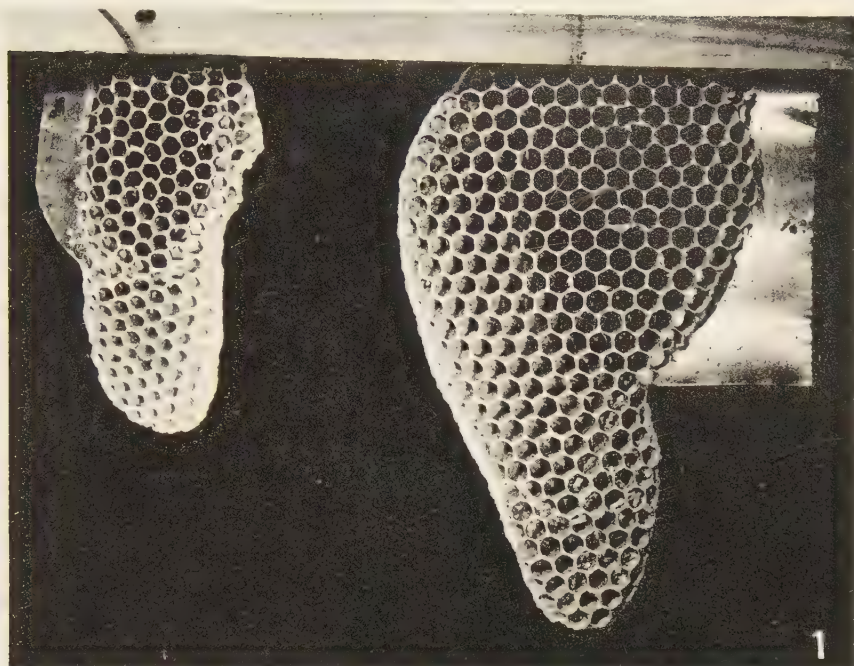
Fig. 2. — Abeilles retoucheuses au travail.

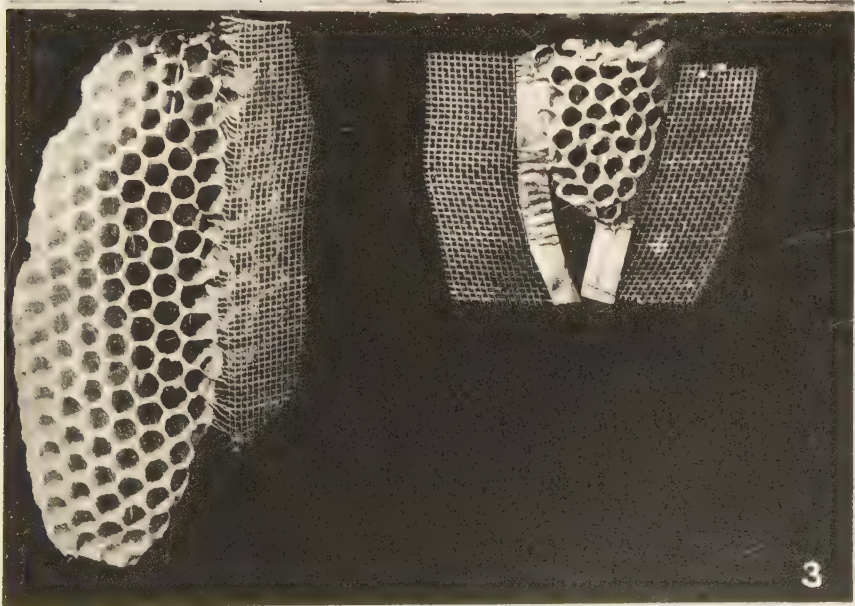
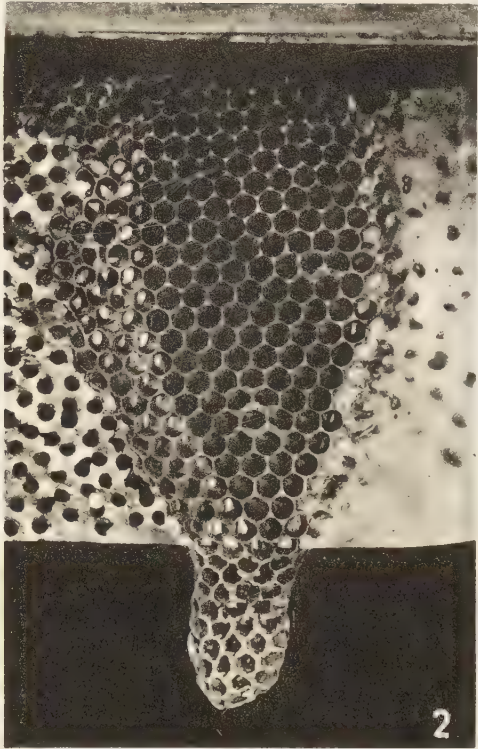
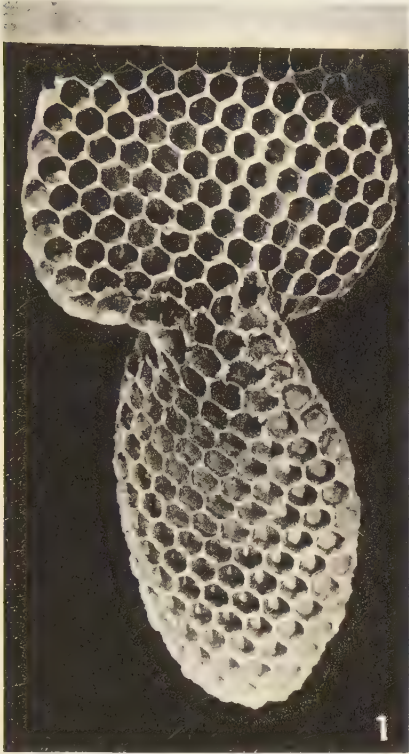
— — — — —

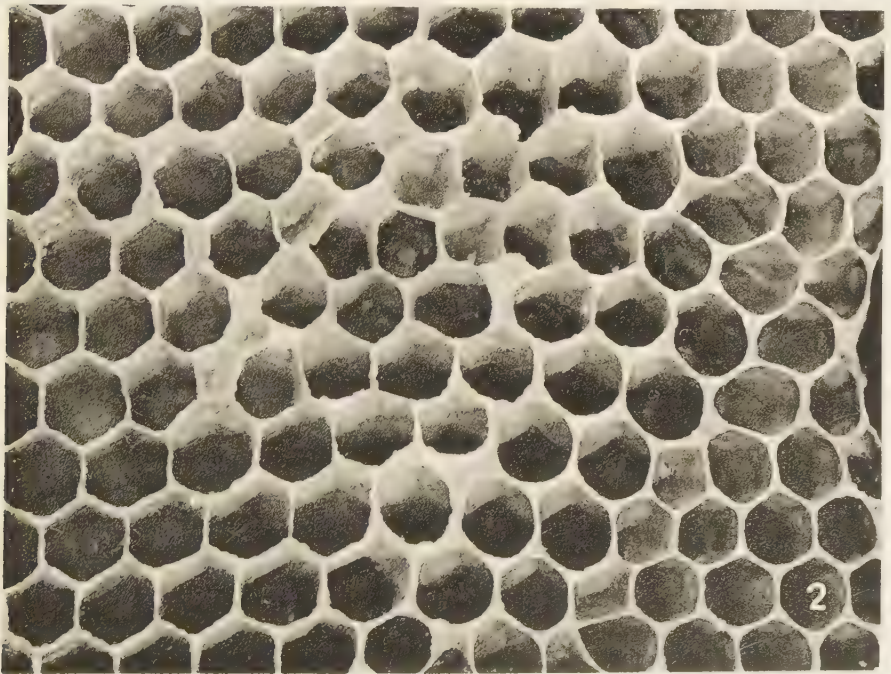
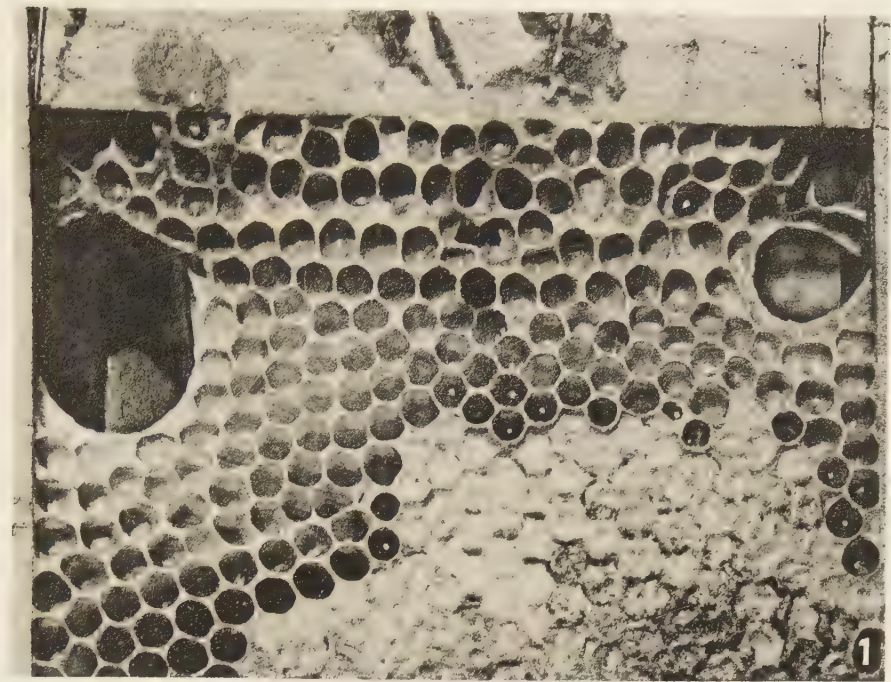


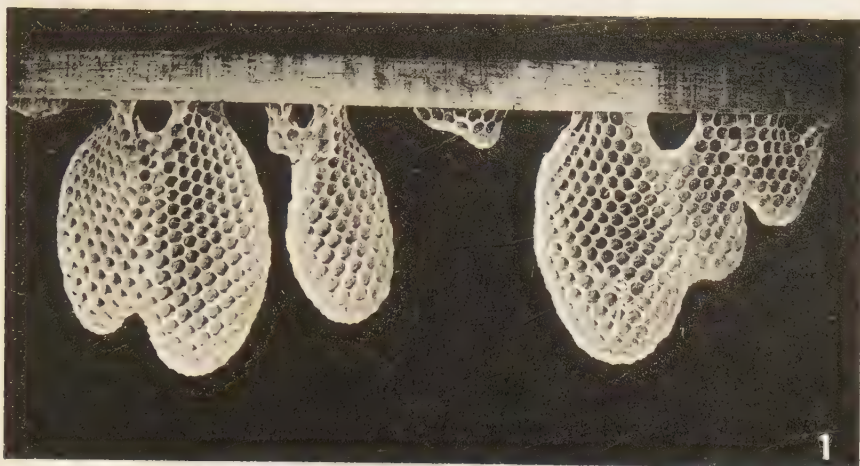














DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

“ L'APPRENTISSAGE CHEZ L'INSECTE ”

Vu et approuvé :

Paris, le 25 avril 1957,

Le Doyen de la Faculté des Sciences :

J. PÉRÈS

Vu

et Permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie
de Paris.

Jean SARRAILH

